



Melhoria dos processos de abastecimento das
linhas utilizando um robô móvel autónomo

André Gonçalves Simões

UMinho | 2024



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

André Gonçalves Simões

**Melhoria dos processos de abastecimento
das linhas utilizando um robô móvel
autónomo**

Novembro de 2024



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

André Gonçalves Simões

Melhoria dos processos de abastecimento das linhas utilizando um robô móvel autónomo

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Mecânica

Trabalho realizado sob a orientação do

Professor doutor Sérgio Paulo Carvalho Monteiro

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agradecimentos

A concretização desta dissertação só foi possível graças ao apoio, orientação e dedicação de várias pessoas, às quais expresso a minha sincera gratidão.

Agradeço aos professores que, ao longo da minha vida académica, contribuíram para a aquisição das competências necessárias ao desenvolvimento deste trabalho. Um especial agradecimento ao Professor Doutor Sérgio Paulo Carvalho Monteiro, pelo acompanhamento e orientação fundamentais ao longo deste percurso.

À “APTIV”, agradeço pela receção calorosa e apoio durante o desenvolvimento deste projeto, em especial ao Engenheiro Tiago Almeida, cuja disponibilidade e suporte foram imprescindíveis.

Por fim, agradeço profundamente aos meus pais, Cristina Gonçalves e Manuel Simões, pelo amor, incentivo e exemplo de dedicação, que sempre me inspiraram.

A todos, o meu muito obrigado!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Melhoria dos processos de abastecimento das linhas utilizando um robô móvel autónomo

Resumo

A presente dissertação, teve como objetivo otimizar a utilização dos robôs móveis autónomos MiR na Aptiv, uma empresa do setor automóvel em Braga, para reduzir as ineficiências no abastecimento das linhas de produção. Este trabalho focou-se na análise e no desenvolvimento de soluções que permitissem maximizar o potencial dos robôs existentes, garantindo uma logística interna mais eficiente e um aumento da produtividade.

Dado que a empresa possui dois robôs móveis com funcionalidades distintas em dois edifícios diferentes, ambos os casos foram analisados e estudados com o objetivo de melhorar o cenário atual. Assim, esta dissertação está estruturada em dois projetos distintos. Em ambos os projetos, começou-se por uma análise detalhada do processo atual de abastecimento, identificando pontos críticos e áreas de melhoria. Em seguida, foram elaboradas e implementadas novas rotas e métodos de transporte de materiais, visando mitigar os problemas encontrados, minimizar os tempos de entrega, (potenciar) os robôs móveis e otimizar o fluxo de trabalho.

Os resultados esperados com esta implementação incluem a redução dos tempos de transporte, a eliminação de tarefas repetitivas e sem valor agregado para os colaboradores, o aumento da segurança no transporte de materiais, e a diminuição de desperdícios no chão de fábrica.

Palavras-Chave: AMR; Logística interna; *Milk-run*.

Improvement of line supply processes using an autonomous mobile robot

Abstract

The aim of this dissertation was to optimise the use of MiR autonomous mobile robots at Aptiv, an automotive company in Braga, to reduce inefficiencies in the supply of production lines. This work focused on analysing and developing solutions to maximise the potential of existing robots, ensuring more efficient internal logistics and increased productivity.

Given that the company has two mobile robots with different functionalities in two different buildings, both cases were analysed and studied with the aim of improving the current scenario. This dissertation is therefore structured into two separate projects. Both projects began with a detailed analysis of the current supply process, identifying critical points and areas for improvement. New routes and methods for transporting materials were then designed and implemented, with the aim of mitigating the problems encountered, minimising delivery times, leveraging mobile robots and optimising workflow.

The results expected from this implementation include a reduction in transport times, the elimination of repetitive tasks with no added value for employees, an increase in safety when transporting materials, and a reduction in waste on the shop floor.

Keywords: AMR; Internal logistics; Milk-run.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Índice.....	vii
Lista de Siglas e Acrónimos	x
Índice de figuras	xi
Índice de tabelas.....	xiii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia de investigação	3
1.4. Estrutura da dissertação	4
2. Fundamentos e estado de arte	6
2.1. Logística interna.....	6
2.2. <i>Lean Production</i>	7
2.3. Ferramentas <i>Lean</i>	7
2.3.1. Kaizen	8
2.3.2. <i>Mizusumashi e milk-run</i>	9
2.4. Indústria 4.0	10
2.4.1. Princípio <i>Lean</i> 4.0	11
2.5. A robótica nas organizações	12
2.5.1. Automated Guided Vehicles (AGV)	12
2.5.2. <i>Autonomous Mobile Robots</i> (AMR)	14
2.6. Limpeza técnica.....	15
2.7. AMR na indústria	17
2.7.1. Sensores, tecnologias e programação utilizada na robótica móvel	18
2.7.2. Aplicação de AMR na Logística Interna da Audi	19
2.7.3. Integração de AMR nos armazéns da Amazon	20
3. Apresentação da empresa.....	21
3.1. Grupo Aptiv.....	21
3.2. Áreas de negócio	22

3.3.	Missão, Visão e Valores	24
3.4.	Aptiv Braga	25
3.5.	Produtos e principais clientes	26
3.6.	Processo produtivo	28
4.	Introdução aos AMR	37
4.1.	Robô autônomo MiR 100	37
4.2.	Robô autônomo MiR 500	40
4.3.	Navegação dos robôs autônomos	41
4.4.	Software de gestão	43
5.	Projeto 1	47
5.1.	Rota de entrega de material a SMT	47
5.2.	Análise crítica da situação atual	49
5.2.1.	Rota e desperdícios na entrega	49
5.2.2.	Ganchos e identificação de rolos	51
5.2.3.	Transferência entre carrinhos	52
5.2.4.	Problemas com o MiR 100	53
5.2.5.	Oportunidades de melhoria do projeto 1	53
5.3.	Apresentação e implementação de soluções	54
5.3.1.	Mapeamento do layout e manutenção necessária	54
5.3.2.	Solução para a Organização do Material a Transportar e Caso de Estudo	57
5.3.3.	Rotas de entrega de material a SMT	60
5.4.	Conclusão e trabalhos futuros	83
5.4.1.	Conclusão	83
5.4.2.	Trabalhos Futuros	84
6.	Projeto 2	85
6.1.	Áreas e funcionamento	85
6.2.	Rotas de entrega	93
6.2.1.	Rota do MiR 500	93
6.2.2.	Rota do colaborador externo	95
6.3.	Análise crítica da situação atual	99
6.3.1.	Análise do trabalho efetuado pelo robô	101
6.3.2.	Problemas funcionais com o robô MiR 500	106
6.3.3.	Entrega de material a SMT	107
6.3.4.	Dornas	110

6.4.	Apresentação e implementação de soluções	112
6.4.1.	Resolução de problemas com o MiR	112
6.4.2.	Nova rota de SMT.....	115
6.4.3.	Alteração dos pés das dornas	130
6.5.	Conclusão e trabalhos futuros	132
6.5.1.	Conclusão	132
6.5.2.	Trabalhos futuros	132
7.	Conclusão e trabalhos futuros	134
7.1.	Conclusão.....	134
7.2.	Sugestões de trabalhos futuros.....	135
	Referências bibliográficas.....	136
	Anexo I – Fluxograma do colaborador de abastecimento do <i>conveyor</i>	139
	Anexo II - Tempos de rota do MiR para o dia 23 de abril.....	140
	Anexo III – Plano de alteração das dornas	144
	Anexo IV – Desenho técnico da estrutura para a rota de entrega por pontos	147
	Anexo V – Desenho técnico estrutura de transporte de rolos para SMT	148

Lista de Siglas e Acrônimos

AGV – *Automated Guided Vehicle*

AIV – *Autonomous Intelligent Vehicle*

AMR – *Autonomous Mobile Robot*

IA – *Inteligência Artificial*

MiR – *Mobile Industrial Robot*

PC&L – *Production Control & Logistics*

SMT – *Surface-Mount Technology*

WiFi – *Wireless Fidelity*

AS&UX - *Advanced Safety & User Experience*

IT - *Information Technology*

OEM -*Original Equipment Manufacturer*

WISE - *Wide Input Small Ethernet*

Índice de figuras

Figura 1: Fases da metodologia Investigação-Ação – adaptado de (Sousa, 2015)	4
Figura 2: 5 princípios fundamentais Kaizen – retirado de (Kaizen, 2021a)	8
Figura 3: Evolução da indústria (Soares, 2021)	11
Figura 4: Lean 4.0 (Perron, 2021)	11
Figura 5: AGV	13
Figura 6: Diferença entre AGV e AMR (Motors, 2021)	14
Figura 7: Níveis de CG de acordo com (VDA19.2., 2010)	16
Figura 8: Classificações de limpeza técnica de acordo com (VDA19.2., 2010)	16
Figura 9: Capacidade das partículas se espalharem de acordo com (VDA19.2., 2010)	17
Figura 10: AMR na Logística Interna da Audi – retirado de (Taner, 2017)	19
Figura 11: AMR nos armazéns da Amazon – retirado de (Amazon, 2022)	20
Figura 12: Localizações da empresa	21
Figura 13: Advanced Software and Architecture	22
Figura 14: Missão	24
Figura 15: Valores	24
Figura 16: Aptiv em Portugal	25
Figura 17: Vista aérea da fábrica Aptiv Braga	26
Figura 18: Produtos desenvolvidos (1)	26
Figura 19: Produtos desenvolvidos (2)	27
Figura 20: Clientes da Aptiv Braga	27
Figura 21: Layout edifício 1	28
Figura 22: Processo SMT	29
Figura 23: Fluxo de componentes eletrónicos	29
Figura 24: Processo FA	30
Figura 25: Layout edifício 2	31
Figura 26: Layout área de armazém	32
Figura 27: Layout área dos plásticos	33
Figura 28: Processo área dos plásticos	33
Figura 29: Fluxo produtivo da área de componentes plásticos	34
Figura 30: área da eletrónica do edifício 2	35
Figura 31: Robô MiR 100	38
Figura 32: Módulo adaptativo do MiR 100	39
Figura 33: Robô MiR 500 EU pallet lift	40
Figura 34: Sistema de navegação do MiR	42
Figura 35: Comandos superiores da interface	43
Figura 36: Comandos laterais da interface	44
Figura 37: Dashboard predefinido	45
Figura 38: Análise de km percorridos pelo robô	46
Figura 39: Funcionamento da rota atual. Secção a vermelho: armazém; Secção a azul: todo o setor A/B; Secção a verde: Setor C	48

Figura 40: Distância a percorrer pelos colaboradores de SMT. Os pontos assinalados representam os pontos de recolha.....	50
Figura 41: Ganchos e estética do carrinho.....	52
Figura 42: Novo mapa do MiR para a área de trabalho do edifício 1.....	56
Figura 43: Caixa ESD para transporte.....	57
Figura 44: Carrinho de testes parado no ponto de recolha.....	58
Figura 45: Ilustração do funcionamento dos testes realizados.....	59
Figura 46: Ideia de separador móvel para caixas.....	60
Figura 47: Ilustração do funcionamento da rota por pontos específicos.....	62
Figura 48: Carrinho MiR para a rota por pontos específicos.....	67
Figura 49: Exemplo ilustrativo de karakuri kaizen.....	69
Figura 50: Funcionamento da rota karakuri.....	70
Figura 51: Comboio logístico e Mizusumashi.....	74
Figura 52: Funcionamento da rota pelo Mizusumashi.....	75
Figura 53: Áreas de trabalho rota interna ed_2.....	86
Figura 54: Área de plataformas do MiR.....	87
Figura 55: SK2/8.....	88
Figura 56: Funcionamento do SK9.....	89
Figura 57: Fluxo de trabalho do colaborador do Labelling.....	90
Figura 58: Conveyor abastecido com material.....	91
Figura 59: Plataforma área dos plásticos.....	92
Figura 60: rota do MiR 500.....	93
Figura 61: MiR na rota armazém - eletrónica.....	94
Figura 62: Rota colaborador externo.....	95
Figura 63: Gaiola.....	96
Figura 64: Carrinho de SMT.....	96
Figura 65: Terminal Zebra.....	97
Figura 66: Paleta rececionada da plataforma do MiR.....	98
Figura 67: Dornas e paletes com raw material no sk9.....	99
Figura 68: Tarefas colaborador externo.....	100
Figura 69: Ocupação do colaborador externo.....	100
Figura 70: Distância percorrida na primeira semana de abril.....	101
Figura 71: Estatísticas do MiR no dia 23/04.....	102
Figura 72: Queda de material devido a problemas com o MiR.....	107
Figura 73: Requisitos de limpeza técnica da rota.....	108
Figura 74: Carrinho de SMT e carrinho de picking.....	108
Figura 75: Sujidade e acumulação de cartão no Labelling.....	109
Figura 76: Dorna.....	110
Figura 77: Estreitamento do pé da dorna.....	111
Figura 78: Pés da dorna danificados.....	111
Figura 79: Localização da área do repacking.....	116
Figura 80 e Figura 81: Isolamento da área do repacking e estação de trabalho.....	117
Figura 82: Diagrama de pareto quanto às quantidades consumidas por espessura.....	119
Figura 83: Plataforma do MiR adequada para transportes de europaletes.....	120
Figura 84: Desenho técnico do posicionamento da estrutura numa plataforma elevatória.....	121

Figura 85: Caixa ESD para transporte de rolos	122
Figura 86: Possibilidades de entrega de material a SMT	124
Figura 87: Execução das rotas.....	124
Figura 88: Rota de SMT futura do edifício 2.....	125
Figura 89: Desenho da estrutura de transporte de rolos para SMT	127
Figura 90 e Figura 91: Testes da estrutura em fábrica	128
Figura 92: Plataformas nos fluxos (sk4/5)	129
Figura 93: Remoção da base dos pés das dornas.....	130
Figura 94: Novas bases com a largura total do pé	131

Índice de tabelas

Tabela 1: Características MiR 100	38
Tabela 2: Características MiR 500	41
Tabela 3: Oportunidades de melhoria na rota	53
Tabela 4: Pontuação ponderada das diversas rotas	81
Tabela 5: Tipo de missões executadas.....	102
Tabela 6: Tempos de rota do MiR para o dia 23 de abril	103
Tabela 7: Consumo de rolos diário por espessura	118

1. Introdução

O projeto “Melhoria dos processos de abastecimento das linhas utilizando um robô móvel autónomo” foi realizado no âmbito da dissertação do Mestrado de Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Todo o processo foi realizado em ambiente industrial presencial na Aptiv de Braga, uma empresa do setor automóvel.

No capítulo 1 são descritos o enquadramento da temática em estudo, os principais objetivos traçados para o projeto, a metodologia de investigação adotada e a organização da dissertação.

1.1. Enquadramento

A busca por maior eficiência e competitividade tem impulsionado a adoção de tecnologias emergentes no setor industrial, especialmente no contexto da Indústria 4.0. Este novo paradigma, caracterizado pela automação avançada, conectividade e digitalização dos processos produtivos, oferece oportunidades significativas para otimizar o desempenho das fábricas modernas. Um dos principais desafios enfrentados pelas indústrias de manufatura é a gestão eficiente dos processos de abastecimento das linhas de produção, que inclui o transporte e a distribuição de materiais dentro da planta. A utilização de robôs móveis autónomos (AMR, *Autonomous Mobile Robots*) tem-se destacado como uma solução promissora para resolver este problema, melhorando o fluxo de materiais e reduzindo o tempo de inatividade das operações fabris (Fréour et al., 2021)

A introdução de AMR nos processos industriais oferece benefícios claros, como maior flexibilidade, redução de custos operacionais e aumento da segurança no local de trabalho. Estas máquinas são capazes de operar de forma autónoma em ambientes dinâmicos e colaborativos, adaptando-se às exigências específicas de cada linha de produção (Marques, Ferreira & Silva, 2020). No entanto, a implementação desta tecnologia não está isenta de desafios. Questões como o planeamento eficiente de rotas, a integração com sistemas de produção existentes e a adaptação às condições variáveis do ambiente de produção são cruciais para o sucesso da aplicação dos AMR (Guizzo, 2008).

Neste trabalho, será analisada a aplicação de robôs móveis autónomos para a melhoria dos processos de abastecimento das linhas de produção, com foco na otimização da logística interna

e na redução das ineficiências associadas ao transporte de materiais. O objetivo é identificar como a utilização de AMR pode contribuir para o aumento da produtividade e para a eliminação de gargalos no fluxo de produção, ao mesmo tempo em que se avaliam os fatores críticos de sucesso para a implementação desta tecnologia. A relevância deste estudo está em alinhar as necessidades da produção moderna com as soluções tecnológicas oferecidas pela Indústria 4.0, promovendo uma gestão mais eficiente e automatizada dos recursos fabris (Shrouf et al., 2014).

Assim, esta dissertação visa fornecer uma análise detalhada dos impactos da integração de AMR nos processos de abastecimento, contribuindo tanto para a literatura acadêmica quanto para a prática industrial, ao propor melhorias baseadas em evidências práticas e resultados experimentais. Além disso, o estudo visa destacar os desafios e as oportunidades futuras para a aplicação de AMR em ambientes de produção altamente dinâmicos e exigentes (Leitão et al., 2016).

1.2. Objetivos

Este projeto surge com o intuito de identificar e colmatar as principais lacunas no processo de abastecimento das linhas de produção da empresa, desenvolvendo e implementando ações de melhoria a fim de reduzir prazos e incumprimentos na entrega de materiais, entre outros.

De forma a cumprir estes objetivos prevê-se:

- Estudar o estado atual do processo e elaborar focos de ação para a utilização do robô.
- Aprender o funcionamento do robô.
- Implementar uma nova forma mais objetiva e eficiente de transportar o material utilizando o robô móvel autónomo, sempre tendo em atenção os requisitos de limpeza técnica exigidos pela empresa.
- Introduzir uma nova(s) rota(s) para o robô, que podem incluir a adição de robôs extra.
- Estruturar um novo layout que permita um melhor funcionamento e organização do espaço de trabalho.

Através da concretização destes objetivos espera-se os seguintes resultados:

- Aumento da produtividade devido à redução dos tempos de transporte e devido ao facto de o robô conseguir fazer o transporte entre as diferentes áreas de uma só vez.

- Eliminar pontos de espera.
- Alocar os antigos colaboradores que executavam o transporte de matérias-primas a tarefas de maior valor.
- Transporte de material feito com maior segurança evitando acidentes e materiais danificados.
- Redução de desperdícios com áreas mais limpas e a funcionarem de melhor forma.

1.3. Metodologia de investigação

Para a execução deste projeto, foi adotada a metodologia de Investigação-Ação, desenvolvida inicialmente por Kurt Lewin, com o objetivo de abordar e solucionar problemas dentro de organizações. Este método baseia-se na prática de 'aprender fazendo', ou 'learning by doing' (Saunders et al., 2009).

A Investigação-Ação é caracterizada pelo seu foco na solução de problemas organizacionais e pela participação ativa do investigador no ambiente de estudo. Essa participação ocorre de forma colaborativa com os membros da organização, onde um grupo identifica um problema, elabora um plano de ações e implementa as soluções propostas. Após a implementação, os resultados são avaliados.

Conforme apresentado na Figura 1, a metodologia de Investigação-Ação é composta por quatro etapas principais (O'Brien, 1998):

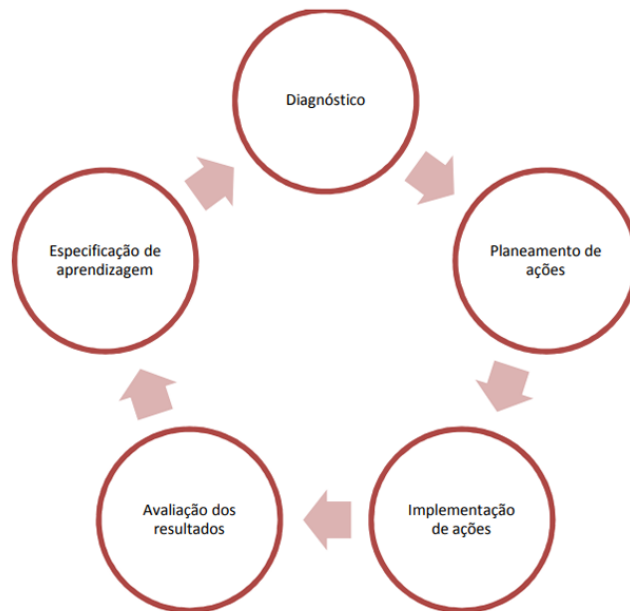


Figura 1: Fases da metodologia Investigação-Ação – adaptado de (Sousa, 2015)

- Diagnóstico: reconhecimento do problema e recolha de dados;
- Planeamento: análise das soluções possíveis e estruturação das atividades a serem realizadas;
- Implementação: a partir do planeamento é implementada a resolução escolhida;
- Avaliação: análise dos resultados obtidos.

1.4. Estrutura da dissertação

Este projeto de dissertação é constituído por sete capítulos e uma secção compostas por anexos. O primeiro capítulo consiste na Introdução, onde é realizado o enquadramento do tema da dissertação, definidos os objetivos do projeto, apresentada a metodologia de investigação adotada, e descrita a organização da dissertação.

No segundo capítulo, relativo aos fundamentos teóricos e estado da arte, é exposto o suporte teórico da dissertação. São abordados temas como a filosofia *lean*, o papel da robótica nas organizações, a evolução dos robôs móveis até aos AMR, além de serem apresentados alguns casos de estudo relevantes.

O terceiro capítulo apresenta a empresa em estudo, incluindo o contexto histórico do grupo Aptiv, a localização das suas fábricas, e a caracterização do processo produtivo na unidade de Braga.

No quarto capítulo, faz-se uma introdução aos projetos que serão analisados nos capítulos subsequentes e uma análise detalhada dos robôs MiR, que constituem o foco dos estudos de caso.

O quinto capítulo descreve o primeiro projeto desta dissertação, abarcando desde a análise do estado atual e a apresentação de soluções até à análise comparativa de resultados, conclusões e propostas para trabalhos futuros.

No sexto capítulo é apresentado o segundo projeto, estruturado de forma similar ao primeiro, incluindo análise do estado atual, propostas de melhoria, e comparação dos resultados obtidos.

Por fim, no sétimo capítulo, apresenta-se uma conclusão do projeto desenvolvido nesta dissertação, acompanhada de projeções sobre possíveis trabalhos futuros que poderão ser desenvolvidos com base nos projetos realizados.

2. Fundamentos e estado de arte

Este capítulo apresenta os conceitos teóricos e tecnológicos fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, proporcionando uma visão abrangente da base científica e do estado atual de conhecimento na área de estudo. Primeiramente, são descritos os fundamentos teóricos necessários para compreender os princípios de engenharia que sustentam o tema abordado, incluindo conceitos de logística, *lean*, automação e robótica. Em seguida, o capítulo explora o estado da arte das tecnologias e metodologias mais recentes, analisando as inovações e desafios enfrentados em pesquisas e aplicações industriais. Esta análise estabelece o contexto para a investigação proposta, identificando lacunas e oportunidades de melhoria que guiam o desenvolvimento e a aplicabilidade do trabalho.

2.1. Logística interna

A logística é uma área da gestão focada no planejamento eficiente do armazenamento, transporte e distribuição de produtos. O seu principal objetivo é assegurar que os produtos sejam entregues no destino final de forma rápida e com o menor custo possível. Para isso, profissionais de logística analisam rotas, modos de transporte, locais de armazenamento e outros fatores críticos.

O termo "logística interna empresarial" refere-se ao conjunto de ações e processos que são necessários para garantir que o fluxo de materiais, informações e recursos dentro da organização seja mantido de forma eficaz. Essa área abrange desde a recepção e armazenamento de materiais até a movimentação interna e distribuição de produtos acabados para várias partes da empresa.

De acordo com (Ballou, 2006), a logística interna pode ser compreendida como o elo entre os processos internos da empresa, garantindo que a transformação de matérias-primas em produtos finalizados seja feita de forma ágil e com qualidade. Além disso, as estratégias de logística, baseadas no conceito de eliminação de desperdícios (P. Womack & T. Jones, 1996) têm sido amplamente adotadas para otimizar processos e reduzir custos operacionais. A implementação de práticas como o *Just-in-Time* (JIT), que visa minimizar *stocks* e melhorar o fluxo de produção, é um exemplo de como a logística interna pode contribuir para o sucesso organizacional

2.2. *Lean Production*

No Japão, após a Segunda Guerra Mundial, a escassez de recursos, a cultura disciplinada e a procura constante pela perfeição culminaram na criação de um modelo de produção desenvolvido por Eiji Toyoda, em colaboração com Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, na sua própria empresa: o *Toyota Production System* (TPS) (Ohno, 1988). Mais tarde, com a publicação da obra “The Machine That Changed the World” (P. Womack & T. Jones, 1996), este conceito seria amplamente divulgado na indústria mundial sob a designação de *Lean Production* (produção “magra”).

Segundo (Liker, 1997), o *Lean* é uma filosofia de produção que visa diminuir o tempo entre a receção de uma encomenda e a sua expedição, conseguindo-o através da eliminação de desperdícios. Para este autor, o *Lean Production* é um processo contínuo e não um estado definitivo. O seu foco é eliminar atividades que não acrescentam valor, colocando o produto no local certo, no momento certo e na quantidade necessária – nem mais, nem menos. Embora alguns desperdícios sejam inevitáveis, o objetivo é reduzir ao máximo as tarefas que não geram valor. Só quando as empresas atuam neste sentido se podem considerar verdadeiramente “*Lean*”.

Embora tenha nascido no setor automóvel, esta filosofia orientada para o cliente rapidamente ganhou notoriedade em diversos setores empresariais, não só pelos resultados alcançados em termos de redução de custos, mas também pela melhoria da qualidade do produto e do serviço global oferecido.

2.3. Ferramentas *Lean*

O estudo do sistema de produção da Toyota levou diversos autores a escrever sobre as técnicas e ferramentas usadas, abordando casos de sucesso na transformação *lean*. Contudo, em muitas empresas, a implementação do *lean* restringe-se ao uso de algumas ferramentas, enquanto o verdadeiro propósito desta filosofia é melhorar o desempenho global das operações. Assim, o *lean* promove uma filosofia que orienta as empresas na melhoria contínua, utilizando ferramentas específicas para alcançar maior eficiência e desempenho.

2.3.1. Kaizen

Há cerca de 30 anos, Masaaki Imai popularizou o termo *Kaizen* no Ocidente com a publicação de “*KAIZEN: A chave para o sucesso competitivo do Japão*”. *Kaizen*, que significa "melhoria contínua" em japonês, envolve a participação de todos os colaboradores, desde a gestão de topo até aos operários no chão de fábrica (Gemba), promovendo melhorias graduais e constantes em toda a organização (Gao & Low, 2014).

A melhoria contínua é essencial para responder às expectativas dos clientes, que estão em constante evolução. No *Kaizen*, todos têm um papel: a gestão de topo aloca os recursos e estabelece a estratégia, a gestão intermédia implementa as iniciativas, e os operários participam nas melhorias, através de sugestões e uso das ferramentas. Este conceito também se aplica à melhoria pessoal e profissional de cada colaborador (Imai, 1986).

Existem cinco princípios fundamentais do *Kaizen*: conhecer o cliente, criar fluxo, ir ao *Gemba*, capacitar as pessoas e ser transparente (Figura 2). A adoção destes princípios fomenta uma cultura de melhoria contínua que impacta positivamente a qualidade, a produtividade e a gestão (Kaizen, 2021a).



Figura 2: 5 princípios fundamentais Kaizen – retirado de (Kaizen, 2021a)

- *Karakuri*

"Karakuri Kaizen" é uma abordagem originária do Japão que se baseia na simplificação de processos produtivos através da automação mecânica, sem o uso de tecnologias complexas ou eletrônicas. A palavra *karakuri* significa "mecanismo" ou "truque", referindo-se a dispositivos mecânicos que operam por si próprios, enquanto *kaizen* é o conceito de melhoria contínua amplamente utilizado em sistemas de gestão (Kaizen, 2021b)..

Karakuri envolve a utilização de mecanismos simples, como molas e alavancas, para mover componentes sem energia elétrica, sendo ideal para sistemas *lean* de baixo custo e consumo energético reduzido. No contexto industrial, o *Karakuri* é usado para automatizar processos através da mecânica básica, eliminando a necessidade de sistemas computacionais e promovendo a inovação no chão de fábrica (Shingo, 2019).

Aplicar *Karakuri* em operações produtivas traz benefícios como a redução de tempo e custos, simplificação logística e manutenção autônoma, melhorando a eficiência geral. Estudos indicam que dispositivos *Karakuri* podem reduzir em até 30% o tempo de ciclo de produção, dependendo do processo (Ohno, 1988). A formação dos colaboradores nesses princípios é essencial para que se desenvolvam soluções inovadoras e econômicas, impulsionando a cultura de melhoria contínua e o aproveitamento de recursos (P. Womack & T. Jones, 1996).

2.3.2. *Mizusumashi e milk-run*

No contexto da logística interna, *mizusumashi* e *milk-run* são metodologias que visam otimizar o fluxo de materiais, reduzindo desperdícios e promovendo uma produção sincronizada e eficiente, características essenciais em sistemas de produção *lean* (Liker, 2004).

O termo *mizusumashi* refere-se ao operador que, tal como um "inseto-d'água", circula pelas áreas de produção abastecendo estações de trabalho conforme a necessidade, minimizando o excesso de material em cada estação e garantindo o abastecimento no momento certo. Esta função permite que a linha de produção mantenha um fluxo contínuo, evitando interrupções e reduzindo os custos de inventário. Ao responder rapidamente à variação de necessidade em tempo real, o *mizusumashi* melhora a flexibilidade e a produtividade do sistema (Ohno, 1988).

O *milk-run*, por outro lado, é uma metodologia de transporte com percurso fixo e cíclico, utilizado para recolher e entregar materiais de fornecedores externos ou do armazém central para as linhas

de produção, seguindo um horário pré-definido (P. Womack & T. Jones, 1996). Ao consolidar o transporte de materiais de diferentes pontos numa rota otimizada, o *milk-run* reduz o tempo de espera, diminui os custos de transporte e minimiza o inventário intermediário. A sua integração com a filosofia *lean* torna-o uma prática valiosa para empresas que pretendem um fluxo de produção mais rápido e coordenado.

Juntas, as metodologias *mizusumashi* e *milk-run* contribuem para a criação de um sistema de logística interna eficiente, sincronizado com o ritmo de produção e alinhado aos princípios de eliminação de desperdícios e melhoria contínua (Imai, 1986).

2.4. Indústria 4.0

Atualmente, a produção industrial está em constante evolução, o que leva as empresas à necessidade de se reinventar para permanecer competitivos em um mercado cada vez mais exigente e crítico. A digitalização industrial é o caminho que as empresas de vários setores têm seguido à medida que novas tecnologias surgem. Isso lhes permite obter um maior rendimento dos seus recursos e alcançar a competitividade que eles precisam.

A quarta revolução industrial é conhecida como "indústria 4.0", cuja digitalização e uso de novas tecnologias de comunicação e produção facilitam a integração de todos os serviços logísticos, produtivos e humanos existentes em um sistema industrial. O sistema M2M - *machine to machine* - surge nesta revolução e modifica a produção para alcançar um maior rendimento (Ribeiro, 2017).

Como mostra a Figura 3, antes que a indústria começasse a usar soluções da indústria 4.0, foram usadas soluções da indústria 1.0, 2.0 e 3.0. Essas soluções surgiram com a evolução das tecnologias relacionadas.

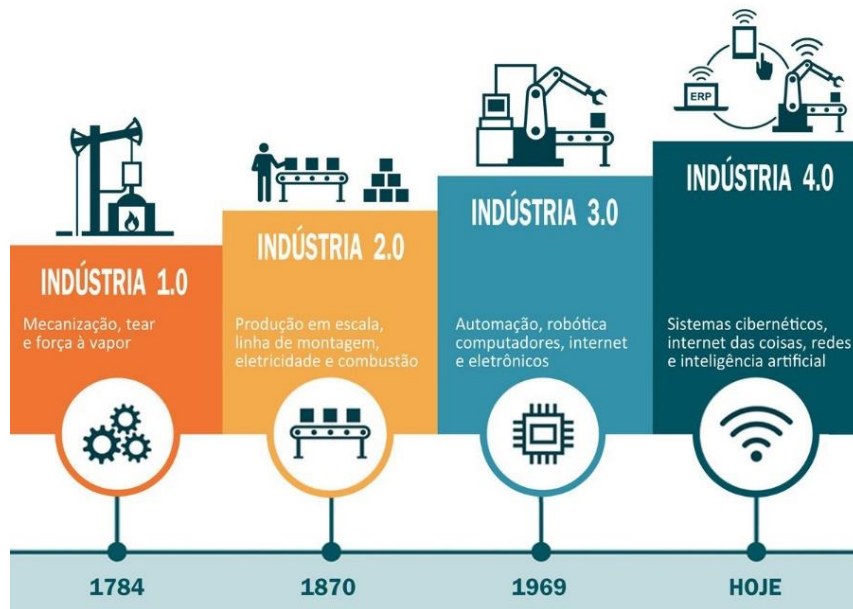


Figura 3: Evolução da indústria (Soares, 2021)

2.4.1. Princípio *Lean* 4.0

O objetivo da produção *Lean* é maximizar a eficiência eliminando os desperdícios. A indústria 4.0 ajuda a atingir esse objetivo digitalizando os processos. Por outro lado, para combinar essas duas noções, é necessário abordar o conceito *Lean* 4.0, que simboliza a fusão do *Lean* e da indústria 4.0, conforme ilustrado na Figura 4.

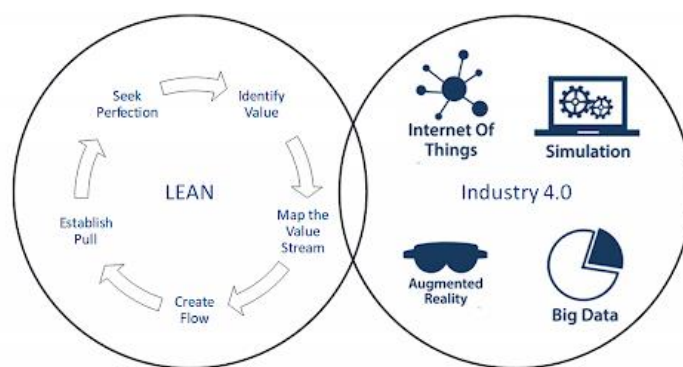


Figura 4: *Lean* 4.0 (Perron, 2021)

Para implementar *Lean* 4.0, é necessário abordar cinco características associadas ao conceito (Valamede & Akkari, 2020):

- A integração dos dispositivos, processos e seus participantes;

- Eliminação de resíduos;
- Logística que é adaptável;
- A automatização;
- Soluções analíticas para fluxos contínuos.

Para começar, a indústria 4.0 requer o uso de ferramentas e tecnologias relacionadas à indústria 4.0 para conectar todos os protagonistas do sistema. Uma vez estabelecida essa conexão, os processos que não agregam valor ao produto devem ser eliminados. Por vezes, é necessário introduzir automação para eliminar esses processos. Focando na logística e flexibilizando o processo, os resultados são imediatos. Por último, mas não menos importante, o objetivo do *Lean* 4.0 pode ser alcançado usando soluções analíticas que se concentram em atingir o fluxo contínuo de produção.

2.5. A robótica nas organizações

A conexão com a robótica ficou mais forte desde o início da era da Indústria 4.0. (Russell & Norvig, 2010) afirmam que os robôs são agentes físicos que realizam tarefas por meio da manipulação física do mundo.

Os robôs podem ser divididos em três categorias principais: braços manipuladores fixos (do tipo industrial ou colaborativo), robôs móveis e uma mistura dos dois primeiros, comumente chamada de manipuladores móveis. O presente estudo examinará a categoria de robôs móveis com mais detalhes. Os dois tipos de robôs que pertencem a esta categoria são frequentemente mencionados na literatura: os veículos guiados automaticamente tradicionais, conhecidos na literatura inglesa por *Automated Guided Vehicles* (AGV), e os *Autonomous Mobile Robots* (AMR).

2.5.1. Automated Guided Vehicles (AGV)

Os Veículos Guiados Automatizados (AGV) são sistemas de transporte industrial que têm vindo a ganhar crescente relevância na movimentação de materiais dentro de fábricas (Figura 5). Estes dispositivos consistem em veículos movidos por tração elétrica, sem necessidade de operadores humanos, e são utilizados em diversas indústrias, como a aeroespacial, automóvel, hospitalar, entre outras (Moravec, 2003). A sua principal função é colaborar com os trabalhadores no transporte de materiais entre diferentes pontos, o que resulta em maior produtividade e eficiência

dos processos (Yan et al., 2020). Adicionalmente, os AGV contribuem significativamente para a redução dos custos de produção, facilitando o transporte em ambientes onde as condições não são favoráveis ao trabalho humano, como em locais com ruídos elevados, temperaturas extremas ou manipulação de cargas pesadas. A sua operação semi-autónoma, aliada à elevada precisão e rapidez, torna-os uma alternativa eficaz aos métodos manuais convencionais, especialmente em tarefas que podem ser perigosas ou menos apropriadas para operadores humanos (Wang et al., 2010). Outro benefício importante é a sua capacidade de minimizar erros, evitando perdas materiais e divergências de inventário que poderiam acarretar prejuízos consideráveis (Van Dam et al., 2004).



Figura 5: AGV

Os AGV, no entanto, operam com uma inteligência limitada, sendo projetados para seguir rotas fixas pré-definidas e programadas de forma simples. Estes sistemas dependem de guias, como lixas ou bandas magnéticas, para se deslocarem e não possuem a capacidade de evitar obstáculos inesperados. Essa limitação pode resultar em custos adicionais e interrupções operacionais, caso seja necessário modificar a rota original.

Recentemente, os AGV têm sido desafiados por uma nova geração de robôs, os Robôs Móveis Autônomos (AMR), que apresentam uma tecnologia mais avançada, flexível e económica (MiR, 2024).

2.5.2. *Autonomous Mobile Robots (AMR)*

Com o avanço tecnológico, os AGV evoluíram e deram origem aos Robôs Móveis Autônomos (AMR), que se destacam por sua capacidade de operar de forma autônoma e adaptar-se a diferentes cenários sem a necessidade de supervisão constante (Cronin et al., 2019). Estes robôs são capazes de realizar tarefas que os humanos preferem evitar, ou que são inadequadas para a sua execução. Além disso, os AMR oferecem vantagens como uma maior flexibilidade de navegação, custo de aquisição mais baixo e menor custo operacional (MiR, 2024).

Diferente dos AGV, que seguem trajetos fixos previamente definidos, os AMR utilizam sensores avançados e câmaras para detetar obstáculos e calcular rotas alternativas, otimizando assim o trajeto para alcançar o destino de forma eficiente (Figura 6). Esta autonomia melhora o fluxo de trabalho e garante uma movimentação segura e contínua dos materiais dentro das instalações (Ghelichi & Kilaru, 2021) (MiR, 2024).

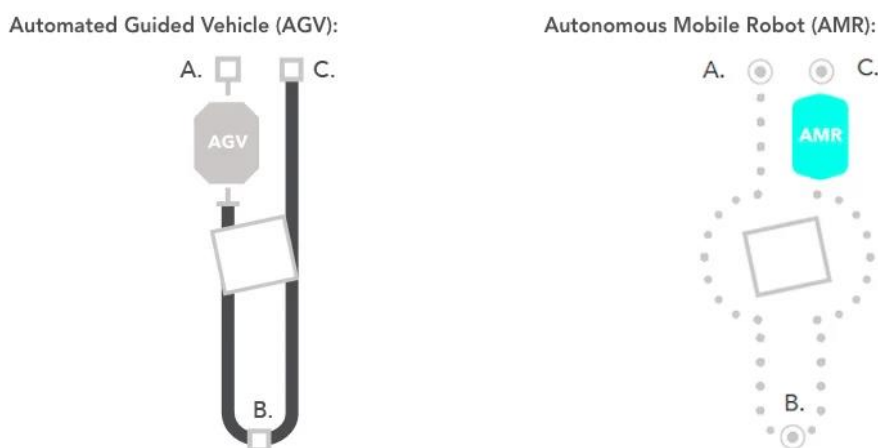


Figura 6: Diferença entre AGV e AMR (Moters, 2021)

Quando se trata de flexibilidade, os AMR superam amplamente os AGV. Enquanto os AGV requerem a instalação de infraestruturas físicas, como faixas magnéticas ou cabos no chão, os AMR dependem apenas de software para ajustar suas rotas, permitindo uma resposta mais rápida e económica a mudanças operacionais. Além disso, os AMR não se limitam apenas ao transporte de materiais, podendo colaborar de forma mais dinâmica com os operadores, tomar decisões de forma autônoma e até monitorizar o ambiente de trabalho para detetar possíveis falhas ou alterações no processo produtivo. Esta capacidade de adaptação torna os AMR uma escolha versátil e resiliente para várias aplicações industriais (Fragapane et al., 2021) (MiR, 2024).

Comparativamente aos AGV, os AMR apresentam uma solução tecnologicamente mais avançada e económica, tanto na fase de implementação quanto de operação. A ausência de necessidade de instalação de guias físicos ou modificações no edifício traduz-se numa redução significativa dos custos iniciais. Além disso, a adaptabilidade dos AMR ao ambiente circundante e a sua menor probabilidade de interrupções fazem com que estes robôs apresentem um desempenho mais fiável e económico a longo prazo (MiR, 2024).

2.6. Limpeza técnica

No que toca à limpeza técnica a empresa rege-se pelo manual VDA 19.2 e pela ISO 14644-1 que é a ISO que abrange as salas limpas e ambientes controlados nas organizações.

VDA 19 descreve as condições para aplicação e documentação de métodos para determinação da contaminação por partículas de componentes. O documento fornece uma base para desenvolver inspeções de limpeza que sejam comparáveis em termos de design e execução, por exemplo entre cliente e fornecedor. Este é um guia de boas práticas, originalmente inspirado nos setores médico e químico, para identificar, analisar e controlar fontes de contaminação (VDA19.2., 2010).

Este manual tem por objetivo evitar a origem de contaminações por partículas crítica em locais sensíveis, remover partículas inevitáveis e proteger componentes e sistemas montados contra a entrada de partículas dos arredores (VDA 19.2., 2010).

O guia identifica 4 fontes potenciais de poluição:

1. Meio Ambiente - Ligado à poluição externa (por exemplo, portas abertas frequentemente, estações de trabalho empoeiradas, etc.).
2. Logística - Vinculada às embalagens (ex.: papelão versus plástico).
3. Pessoal - Humano (ex.: cabelo).
4. Meios de produção - Ligados ao equipamento (ex.: máquinas sujas).

Tal como observado na Figura 7, quanto mais sensível for o produto, mais específico será o procedimento a seguir.

Area	Docking area	Transfer Area / Repacking	Main Manufacturing Hall	Cleanroom
CG level	0	1	2	3
Environment	Uncontrolled Zone	Cleanliness Zone	Cleanliness Room	Cleanroom
ISO class (N)	-	9	8	7 or better
Airborne [particles/m ³] ≥ 0,5 µm	-	35200000	3520000	352000
Airborne [particles/m ³] ≥ 5,0 µm	-	293000	29300	2930
Particles sizes	-	Product/Manufacturing Step Dependent	PARTICLES ≥ 500 µm not allowed.	PARTICLES ≥ 500 µm not allowed.
Layout symbols	-			

Figura 7: Níveis de CG de acordo com (VDA19.2., 2010)

Uma Zona Limpa é uma sala ou uma porção de uma sala que foi construída para o fabrico, montagem e armazenamento de componentes e sistemas e para a qual foram adotadas medidas adequadas para alcançar e manter a limpeza da superfície.

A Figura 8 permite observar qual a classificação de limpeza das diversas áreas da APTIV, bem como os seus requisitos no que toca a temperatura e humidade, pressão da sala e tamanho de partículas. Todas as salas de produção, montagem, teste ou armazenamento do produto ao ar são consideradas como CG2 e possuem requisitos de limpeza técnica bastante restritos.

Processes and Manufacturing Areas	Temperature and Relative Humidity Requirement	Room Air Pressure difference	Maximum Particulate allowable size	Cleanliness Grade - minimum	ISO Class - in operation	
					number (N) - minimum	Compliance
Electronic Manufacturing Processes: - SMT; - CBA; - In-Circuit Test; - Manual and Robotic Assembly; - Case Assembly; - Dispensing; - Oven cure; - Testing including Functional Test (not final encased products)	As required per RP 1.8	+5 to +10 Pa to CG-1	< 500 µm	2	8	To D ≥ 0,5 µm and D ≥ 5 µm.
- Testing including Functional Test (only encased, secured products) - Parts Preparation; - Product Final Packaging	As required per RP 1.8	Sustain Positive Pa to CG-0.	< 500 µm / Product/Manufacturing step dependent	1	9	To D ≥ 5 µm. Assessment of D ≥ 0,5 µm and D ≥ 5 µm.

Figura 8: Classificações de limpeza técnica de acordo com (VDA19.2., 2010)

A Figura 9 ajuda a identificar a correspondente área de CG necessária para o tamanho e a densidade das partículas existentes no ar e a densidade de acordo com os requisitos do produto.

A informação apresentada neste gráfico está relacionada com a capacidade das partículas se espalharem através da atmosfera ambiental.

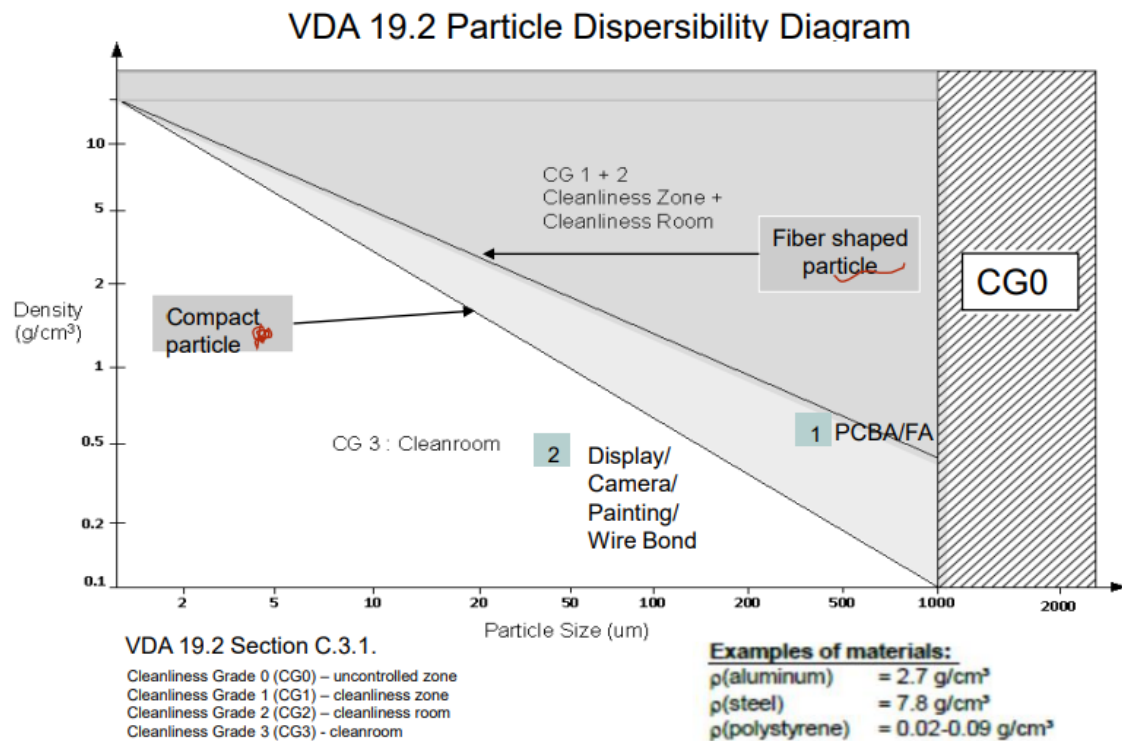


Figura 9: Capacidade das partículas se espalharem de acordo com (VDA19.2., 2010)

É de salientar que é crítico e não permitido em CG2 papel, cartão, madeira ou metal revestido reutilizável.

2.7. AMR na indústria

Nos últimos anos, a implementação de AMR tem transformado operações logísticas e industriais, trazendo maior eficiência e flexibilidade para o transporte interno de materiais. Estes robôs, equipados com sensores avançados e sistemas de navegação inteligente, são amplamente aplicados em diversas indústrias, desde a automóvel até a eletrónica, com resultados significativos. Este capítulo explora as suas tecnologias e aplicações práticas, através da análise de dois casos

de estudo distintos, onde empresas de diferentes setores adotaram essa tecnologia para otimizar processos internos.

2.7.1. Sensores, tecnologias e programação utilizada na robótica móvel

Os sensores, as tecnologias empregadas e as interfaces utilizadas na robótica móvel são fundamentais para garantir a eficiência e autonomia dos robôs em ambientes industriais. Entre os sensores mais utilizados, destacam-se os de proximidade, como os ultrassônicos e infravermelhos, que permitem a detecção de distância e obstáculos; os sensores de visão, como câmeras RGB e 3D, ideais para reconhecimento de objetos e mapeamento; o *LiDAR*, essencial para criar mapas tridimensionais com alta precisão; e os sensores de posicionamento, como odômetros, *encoders* e GPS, que auxiliam na localização e navegação do robô (Yeong et al., 2021).

No campo das tecnologias, a navegação autônoma apoia-se em técnicas como o *SLAM* (*Simultaneous Localization and Mapping*), que possibilita o mapeamento e a localização simultâneos; o planejamento de trajetórias, baseado em algoritmos como A*, para encontrar rotas otimizadas; e o uso de inteligência artificial e *machine learning*, que permitem a adaptação do robô a diferentes cenários. Essas inovações estão alinhadas aos princípios da Indústria 4.0, integrando *IoT* e *Big Data* para promover maior eficiência e conectividade (Harapanahalli et al., 2019).

Além disso, a programação e as interfaces desempenham um papel crucial. As linguagens *Python* e C++ são amplamente utilizadas, com destaque para *frameworks* como o ROS, que oferecem flexibilidade e alto desempenho. As interfaces, como a do MiR, destacam-se por sua simplicidade e facilidade de utilização, possibilitando o controle remoto, a criação de missões e a monitorização do robô. Estes avanços garantem usabilidade e integração eficaz em ambientes industriais, contribuindo para operações mais seguras e otimizadas (Cuevas Castañeda, 2016).

2.7.2. Aplicação de AMR na Logística Interna da Audi

A Audi, uma das maiores fabricantes de automóveis do mundo, incorporou equipamentos AMR nas suas linhas de produção em Ingolstadt, Alemanha. Esses robôs são responsáveis pelo transporte de peças entre os diferentes setores da fábrica, substituindo sistemas tradicionais como esteiras e carrinhos manuais.

Os AMR utilizam sensores LiDAR e câmeras para se movimentar de maneira autônoma pelos corredores da planta, desviando de obstáculos e ajustando as suas rotas em tempo real. Além disso, estão conectados ao sistema de gestão de produção da fábrica, permitindo uma logística interna mais eficiente e sincronizada com as necessidades da linha de montagem. Este caso ilustra como a flexibilidade dos AMR se pode adaptar a layouts industriais dinâmicos, reduzindo o tempo de transporte e aumentando a eficiência global (Taner, 2017).



Figura 10: AMR na Logística Interna da Audi – retirado de (Taner, 2017)

2.7.3. Integração de AMR nos armazéns da Amazon

Embora mais conhecida por suas operações de e-commerce, a Amazon é um exemplo relevante de integração de AMR em armazéns. Os robôs móveis da Amazon, anteriormente chamados Kiva, revolucionaram a logística interna da empresa ao automatizar o transporte de estantes de produtos até os operadores humanos.

Esses AMR trabalham de maneira colaborativa, otimizando o espaço de armazenamento e reduzindo o tempo necessário para a preparação dos pedidos. O sistema demonstrou uma redução de 20% nos custos operacionais e uma aceleração notável nos tempos de processamento de pedidos, evidenciando o impacto positivo da tecnologia em operações logísticas complexas (Amazon, 2022).

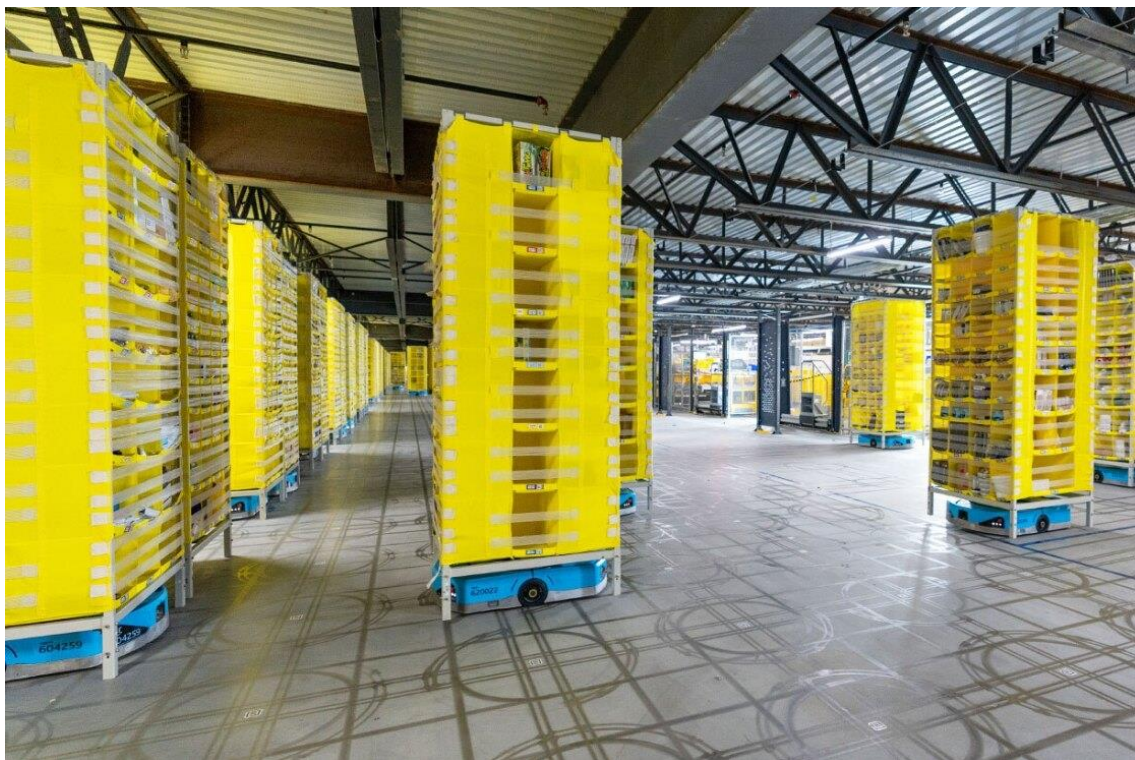


Figura 11: AMR nos armazéns da Amazon– retirado de (Amazon, 2022)

3. Apresentação da empresa

Neste capítulo, é apresentada uma visão geral da Aptiv, com especial foco na sua atividade no setor automóvel. Será feita uma descrição global da empresa, seguida de uma análise das suas operações em Portugal, com um destaque mais aprofundado para a unidade de Braga. Nesta última, serão apresentados os principais produtos, clientes e sistemas produtivos, dado que foi nesta unidade que se desenvolveu o presente trabalho

3.1. Grupo Aptiv

Como líder global em tecnologia, com mais de 200.000 pessoas em 50 países, a Aptiv trabalha todos os dias para permitir novas soluções de mobilidade e enfrentar os desafios mais difíceis da mobilidade, fornecendo as capacidades de software, plataformas de computação avançadas e soluções de sinal e energia que fazem a mobilidade funcionar.

A Aptiv é uma empresa global de tecnologia que projeta, desenvolve e fabrica soluções de software e hardware para permitir um futuro de mobilidade mais seguro, mais ecológico e mais conectado (Figura 12). As soluções da empresa ajudam os OEM (*Original Equipment Manufacturer*) do sector automóvel em todo o mundo a criar veículos com características de segurança avançadas, arquiteturas eletrificadas e conectividade inteligente. “Acreditamos que a mobilidade tem o poder de mudar o mundo e a Aptiv tem o poder de mudar a mobilidade.”



Figura 12: Localizações da empresa

A APTIV foi criada no final de 2017, após a divisão das duas principais áreas de negócio do grupo Delphi Automotive Systems. Esta divisão resultou na formação de duas novas entidades: a Delphi

Technologies PLC, focada no setor de *Powertrain*, e a APTIV PLC, que se especializa nas áreas de *Advanced Safety & User Experience* e *Signal & Power Solution*.

3.2. Áreas de negócio

A Aptiv está posicionada de forma única para fornecer soluções que têm em conta toda a arquitetura do veículo - o seu software, hardware e arquitetura elétrica/eletrónica. As suas empresas trabalham em conjunto para aproveitar essa perspetiva de forma a otimizar soluções para os seus clientes e resolver os seus desafios mais difíceis.

Advanced Safety and User Experience

O negócio AS&UX da Aptiv engloba a sua profunda experiência em software, plataformas de computação centralizadas, sistemas de segurança avançados e condução automatizada, enquanto facilita o crescimento em áreas que enriquecem a experiência no veículo. *“Creating a safer today and tomorrow”*.

A Aptiv é líder em segurança avançada há mais de 20 anos. A sua experiência em plataformas de computação central, sistemas de deteção, perceção, distribuição de energia e dados de alta velocidade e fiabilidade ajudam a empresa a fornecer soluções mais inteligentes, seguras e integradas, tanto no exterior do veículo com sistemas avançados de segurança ativa, como no interior do mesmo através de experiências de utilizador melhoradas.

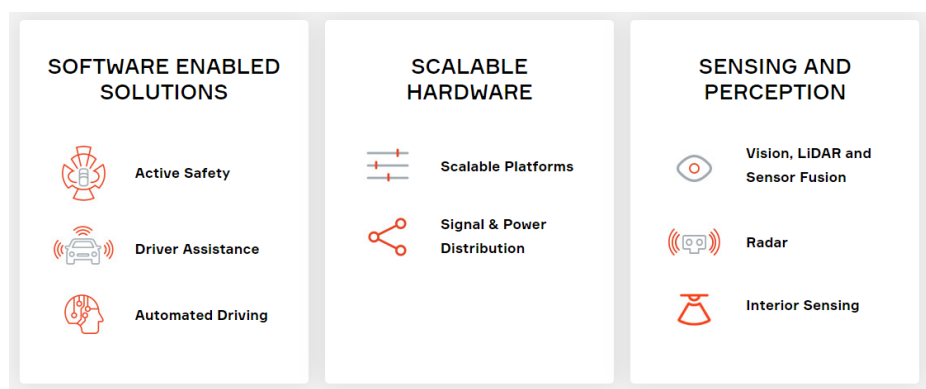


Figura 13: Advanced Software and Architecture

Signal and Power Solutions

A herança da Aptiv como fornecedor global de arquitetura e integrador de sistemas permite-lhes fornecer os sistemas elétricos de alta tensão necessários para satisfazer a tendência crescente para a mobilidade eletrificada e a conectividade de dados de alta velocidade necessária para veículos altamente automatizados e com muitas funcionalidades. *“Solving Mobility’s toughest challenges”*

As tecnologias e capacidades da Aptiv são poderosas por si só. Mas integradas, elas representam uma solução completa de mobilidade



ADVANCED SAFETY &
USER EXPERIENCE



SIGNAL & POWER
SOLUTIONS

Engloba a sua profunda experiência em soluções de software que melhoram a segurança, o conforto e a comodidade do veículo, apoiadas por capacidades essenciais em computação avançada, conectividade, gestão e análise de dados.

Aproveita a sua herança como fornecedor global de arquitetura e integrador de sistemas para fornecer os dados de alta velocidade e os sistemas elétricos de alta potência necessários para veículos altamente automatizados e repletos de funcionalidades

Dado isto, a Aptiv é uma empresa com capacidade de atender aos desafios mais difíceis dos seus clientes, apresentando soluções nas seguintes áreas tecnológicas do automóvel.

- ❖ Advanced safety ;
- ❖ Connected Services;
- ❖ Connection Systems;
- ❖ Connectivity and security;
- ❖ Eletriccal Distribution systems;
- ❖ Middleware and Devops;
- ❖ Smart Veichle Architecture;
- ❖ User Experience;
- ❖ Vehicle Electrification Systems.

3.3. Missão, Visão e Valores

“Para permitir um futuro de mobilidade mais seguro, mais ecológico e mais conectado”. A Aptiv visiona um mundo com zero mortes, zero lesões, zero acidentes e zero emissões (Figura 14). Um mundo onde o software e a conectividade na cloud permitem que os veículos ganhem novas funcionalidades todos os dias. Com soluções desenvolvidas de forma sustentável, numa cultura global que adere a um conjunto de valores fundamentais.

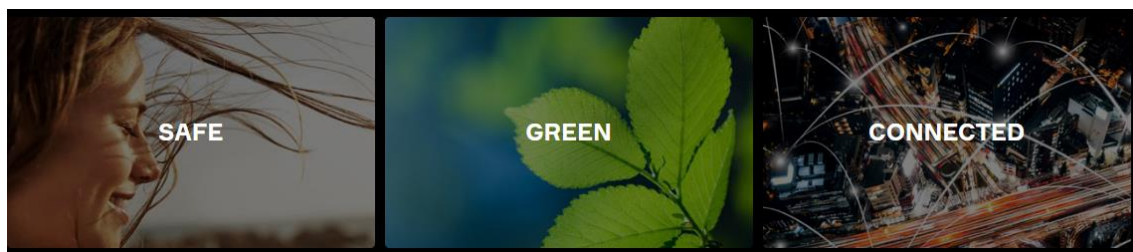


Figura 14: Missão

“Só vivendo os nossos valores poderemos ser bem sucedidos na nossa missão de tornar o mundo mais seguro, mais ecológico e mais interligado”. O Código de Conduta Ética Empresarial da Aptiv é fundamental para o seu compromisso de agir com integridade e de acordo com os mais altos padrões éticos (Figura 15). Este ajuda a garantir que os requisitos e políticas legais são cumpridos e serve como um guia para navegar no seu ambiente de negócios complexo e em constante mudança. Fornecendo aos seus funcionários as ferramentas e a formação necessárias para que possam fazer o que é correto, da forma correcta.

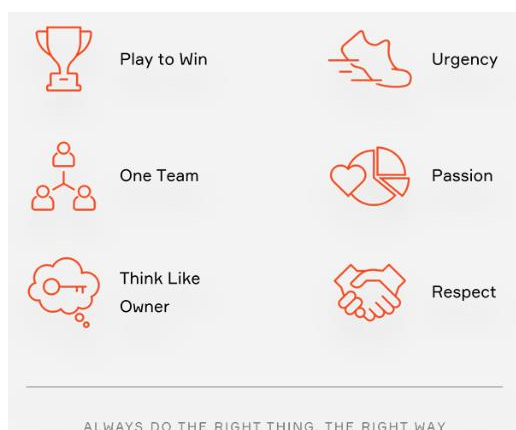


Figura 15: Valores

3.4. Aptiv Braga

A Aptiv possui atualmente três unidades operacionais em Portugal (Figura 16), localizadas em Braga, Castelo Branco e Lumiar. As unidades de Braga e Castelo Branco são dedicadas à produção, enquanto o centro no Lumiar se especializa no desenvolvimento tecnológico de ponta.

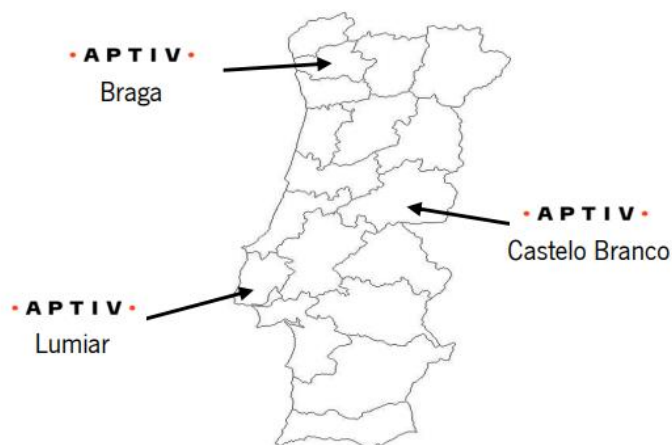


Figura 16: Aptiv em Portugal

A fábrica de Braga da Aptiv tem suas origens em 1965, quando foi fundada sob o nome de Grundig, inicialmente produzindo rádios, equipamentos de áudio, televisores e telefones sem fio. Em 1973, a fábrica iniciou a produção de autorrádios, e em 1990 passou a focar-se no setor automotivo sob a denominação "Grundig Car Intermedia Systems". Em 2003, a Delphi adquiriu a unidade, renomeando-a como Delphi Automotive Systems - Portugal, S.A. – Fábrica de Braga. Desde então, a gama de produtos evoluiu significativamente, ampliando-se para além das suas origens. Em 2017, a Delphi Automotive dividiu-se em duas empresas, concluindo o processo em 2018, momento em que a área de Eletrónica e Segurança, juntamente com Arquitetura Elétrica e Eletrónica (AS&UX), passou a operar sob o nome Aptiv.

Atualmente, a fábrica de Braga emprega cerca de 1.000 colaboradores e ocupa uma área de aproximadamente 42.000 m², localizada na Rua Max Grundig, composta por quatro edifícios distintos (Figura 17).

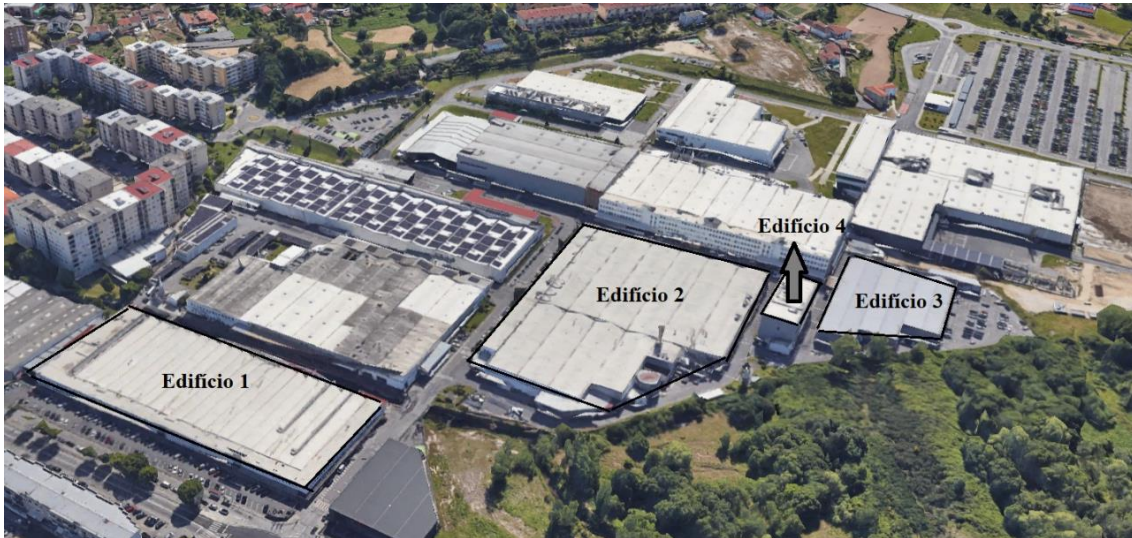


Figura 17: Vista aérea da fábrica Aptiv Braga

3.5. Produtos e principais clientes

A Aptiv de Braga destaca-se por seu extenso e diversificado sistema produtivo. Entre os principais produtos fabricados estão autorrádios, sistemas de navegação, telemática, recetores e componentes eletrônicos e plásticos (Figura 18 e Figura 19). A empresa também busca constantemente novas oportunidades de mercado para se diferenciar da concorrência.



Figura 18: Produtos desenvolvidos (1)



Figura 19: Produtos desenvolvidos (2)

Graças ao rigor aplicado em cada etapa do processo, a Aptiv Braga tem no seu portfólio alguns dos maiores fabricantes de automóveis da Europa e do mundo (Figura 20).



Figura 20: Clientes da Aptiv Braga

3.6. Processo produtivo

A seguir será descrito o processo produtivo da Aptiv Braga, destacando-se que a empresa está em constante evolução, o que implica mudanças contínuas nos processos, layouts e gestão dos edifícios.

Edifício 1

O edifício 1 é o maior em termos de área produtiva e está dividido em cinco áreas principais, conforme a Figura 21: SMT (inserção automática de componentes eletrônicos), CBA (inserção manual de componentes eletrônicos), montagem final e testes (FA), armazém e zona de embalagem (PA).

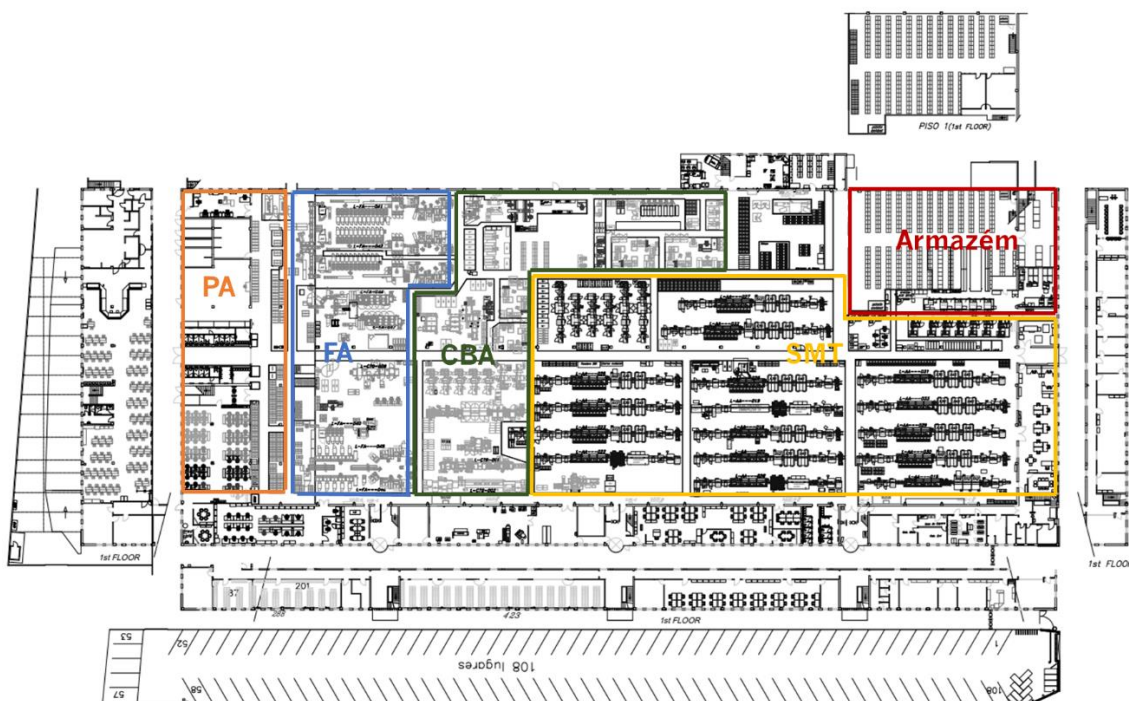


Figura 21: Layout edifício 1

O processo inicia-se com a chegada dos materiais ao armazém, que podem vir de fornecedores externos ou do edifício 2. O material principal inclui placas PCB e componentes eletrônicos, alimentando a primeira fase do processo na área de SMT. O primeiro passo é a gravação de um código QR nas placas PCB para permitir o rastreamento de cada peça ao longo do processo. Após

isso, os componentes são automaticamente inseridos nas placas, seguindo-se inspeções visuais e automatizadas para garantir a qualidade do processo (Figura 22).



Figura 22: Processo SMT

Finalizada esta etapa, as placas seguem para várias áreas conforme o projeto, podendo ir para a zona de raio-X para uma inspeção adicional, para a secção de CBA ou para o edifício 2, onde continuam o fluxo produtivo (Figura 23).

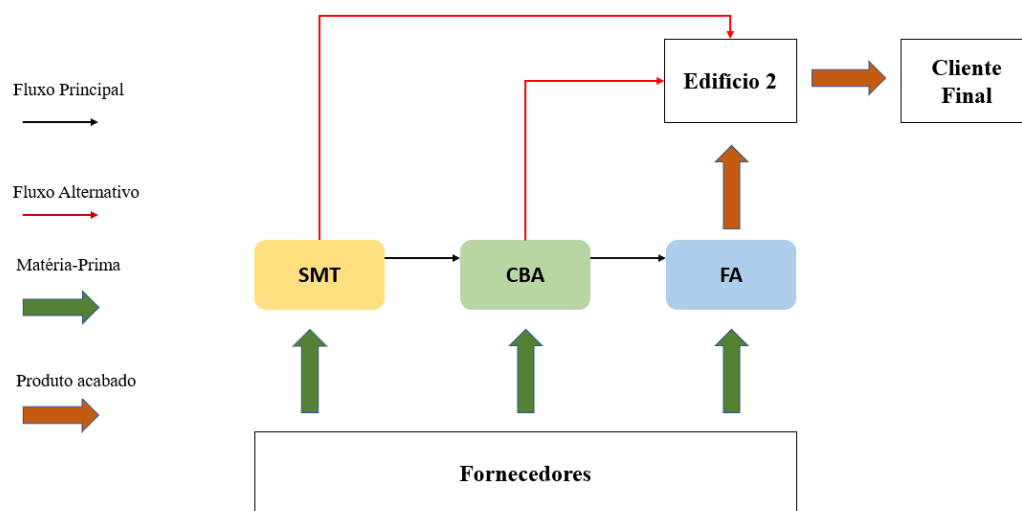


Figura 23: Fluxo de componentes eletrônicos

A secção de CBA é responsável pela inserção manual de componentes maiores, que não podem ser manipulados automaticamente. Nessa área, as placas passam por testes elétricos, fresagem

para remover material em excesso, e processos de soldagem, revestimento e inspeção (AVI), além de possíveis pré-montagens.

Com o crescimento da automação nas linhas de SMT e FA, a necessidade de intervenção manual tem diminuído.

Na secção de montagem final (FA), as placas são combinadas com outros componentes e, após a montagem, passam por uma série de testes de qualidade. Produtos aprovados seguem para a embalagem e expedição (Figura 24).

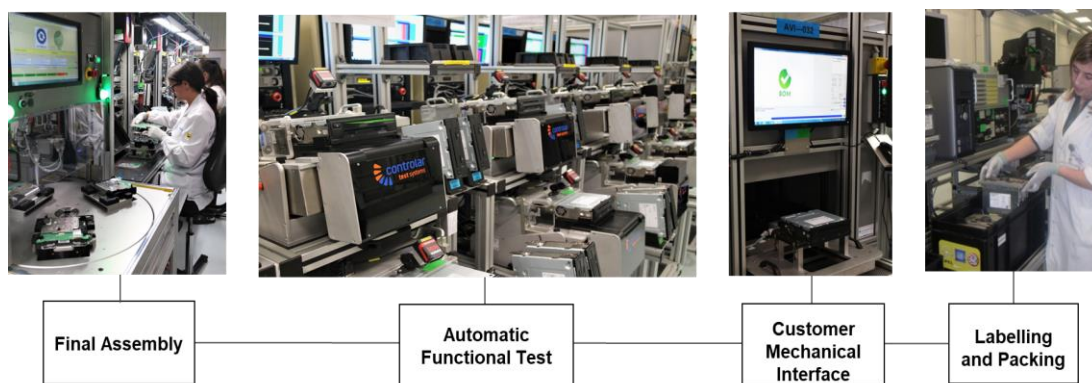


Figura 24: Processo FA

Edifício 2

O edifício 2 está em constante expansão, acompanhando o aumento das necessidades produtivas. Este espaço inclui áreas específicas para o armazenamento de componentes, produção de plásticos e eletrônicos, além de uma zona de embalagem (Figura 25).

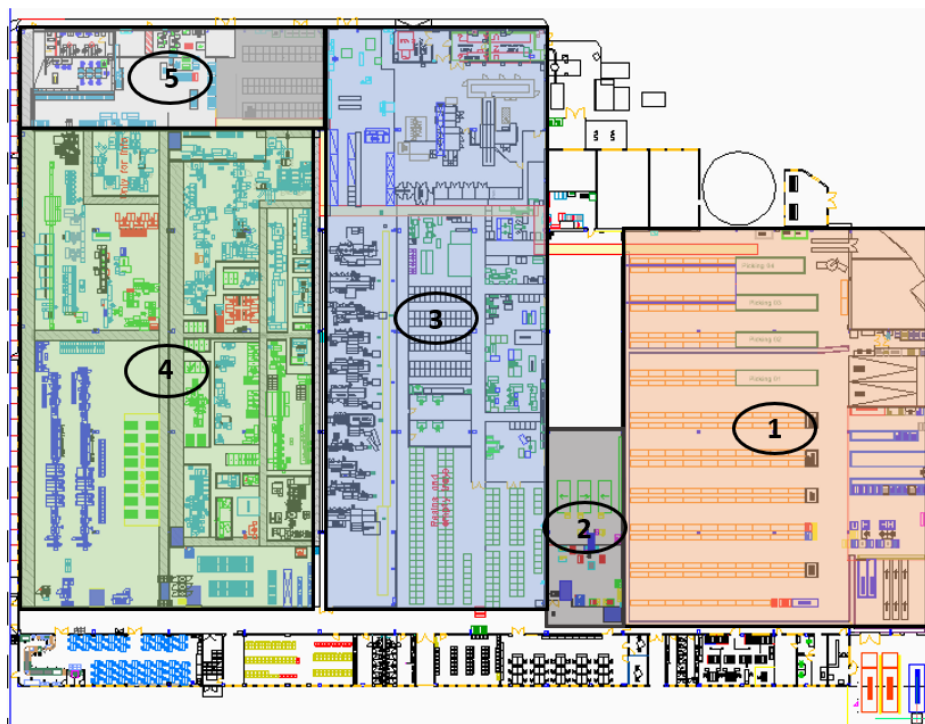


Figura 25: Layout edificio 2

1 – Armazém principal

O armazém principal desempenha um papel crucial para a operação da Aptiv em Braga, pois é responsável pelo armazenamento de uma parte significativa das matérias-primas utilizadas pela fábrica. Neste local, os materiais recebidos dos fornecedores são processados, incluindo a alteração de embalagens de cartão para embalagens plásticas (*repacking*), e também a receção de paletes.

Além disso, é nesta área que ocorre a expedição dos produtos acabados. Todo o material é inspecionado para assegurar que corresponde às especificações do pedido do cliente. Após essa verificação, são preparados os documentos necessários para o envio e realizado o carregamento dos camiões. A distribuição das áreas mais relevantes do armazém é ilustrada na Figura 26.

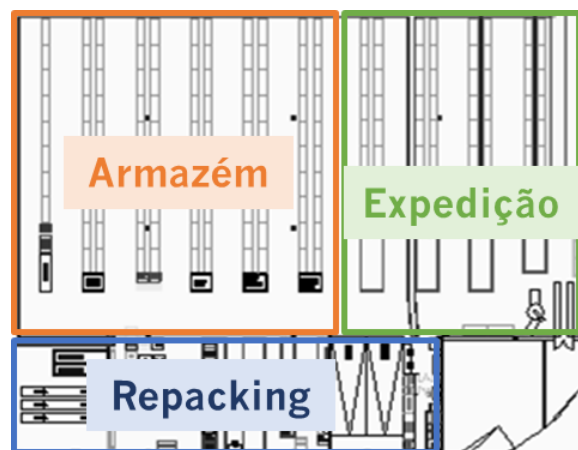


Figura 26: Layout área de armazém

2 – Novo armazém SMT

Esta área surge com o aparecimento de duas novas linhas de SMT neste edifício, existindo assim uma necessidade de armazenar rolos para abastecer as mesmas.

Desta forma, o departamento logístico da empresa surge com a ideia de criar um armazém central para este tipo de material, de forma a distribuir rolos para a produção do edifício 1 e 2. Esta área está subdividida em duas áreas, uma para abertura de caixas de cartão e abastecimento da rampa com rolos e a outra para labelling e armazenamento de material. Esta área será de elevada relevância para este projeto, sendo consequentemente abordada mais á frente de forma a percebermos melhor o seu funcionamento atual e principais oportunidades de melhoria.

3 – Área dos plásticos

O edifício 2 também abriga a produção de componentes plásticos, dividida em três áreas principais: injeção, pintura e montagem final (Figura 27).

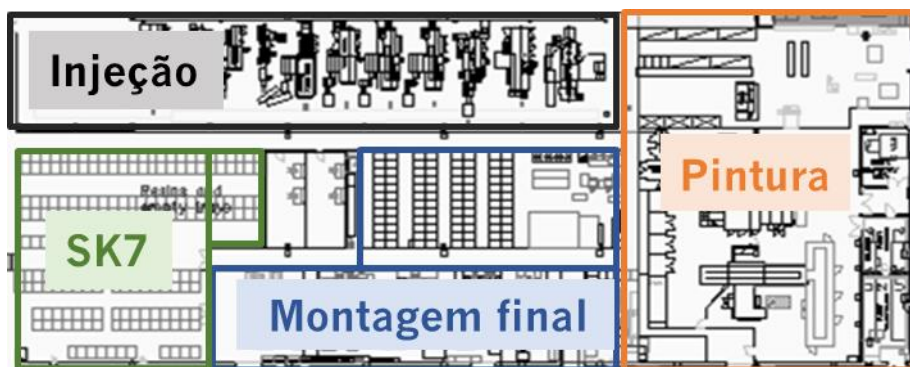


Figura 27: Layout área dos plásticos

Na secção de injeção, granulados e resinas plásticas são moldados em peças que podem ser utilizadas diretamente nos fluxos produtivos ds diferentes edifícios, ou seguir para as fases de pintura e montagem final (Figura 28).

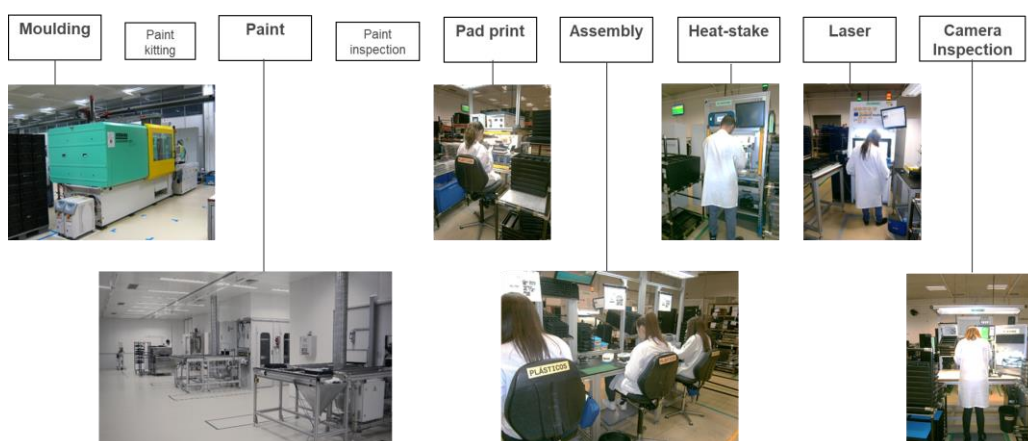


Figura 28: Processo área dos plásticos

Na secção de pintura, as peças são pintadas e inspecionadas visualmente antes de serem enviadas para montagem ou para os processos produtivos dos edifícios 1 e 2.

Finalmente, na secção de montagem final, componentes como botões e lentes são montados manualmente, passando por processos de soldagem e gravação a laser antes de uma inspeção final (Figura 29).

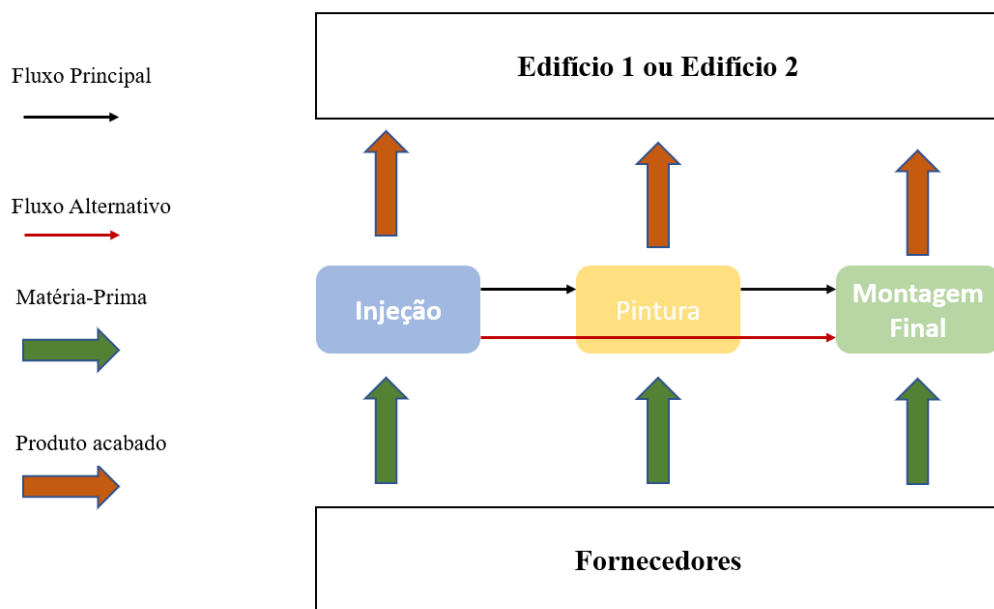


Figura 29: Fluxo produtivo da área de componentes plásticos

4 – Eletrônica do edifício 2

Esta área do edifício 2 em constante evolução funciona de forma semelhante ao processo produtivo do edifício 1.

Na Figura 30 está ilustrado a área da eletrônica do edifício 2, que á semelhança do edifício 1 é composta por SMT , CBA, FA (montagem final) e armazém (SK4/5).

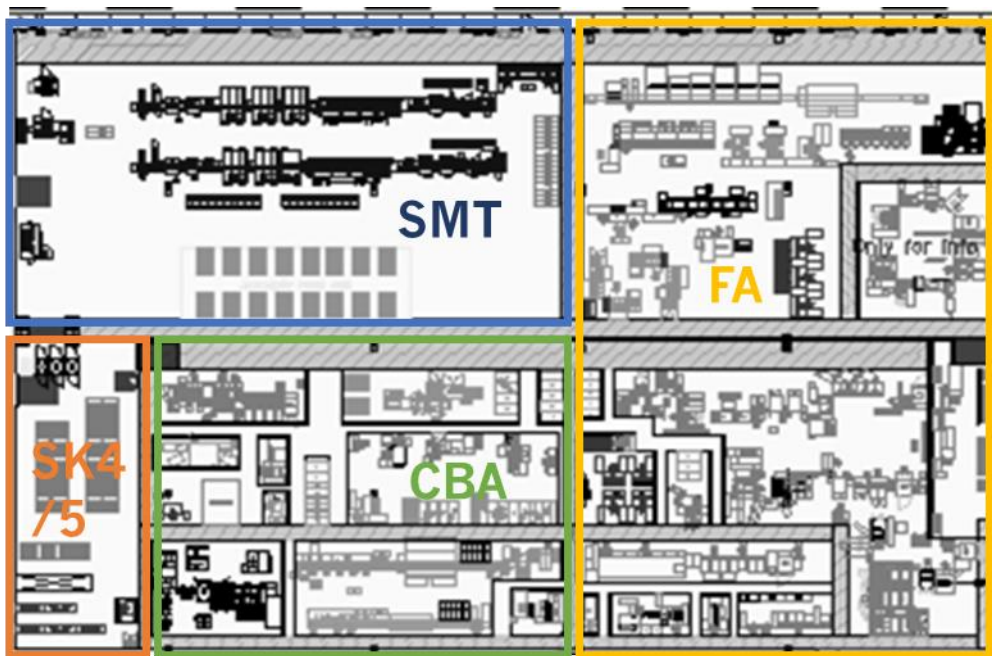


Figura 30: área da eletrônica do edifício 2

Numa primeira fase do processo temos o supermercado 4 do departamento de logística (PC&L), sendo este o local de abastecimento direto das linhas de SMT, secções de CBA e montagem final. Neste local são armazenadas as necessidades correntes das diversas áreas a abastecer.

De momento a área de SMT é composta por duas linhas, e devido ao processo de expansão da empresa, num futuro próximo irá passar a possuir 5 linhas. Estas linhas apresentam equipamento de última geração, funcionando em complemento, no sentido em que a primeira linha trabalha na integra um lado da placa e a outra linha finaliza o outro lado. É expectável que assim que a capacidade produtiva esteja a 100%, estas linhas apresentem uma produção de 2 a 3 mil placas por dia.

Devido aos constantes avanços tecnológicos as linhas de CBA deste edifício também se encontram em extinção, sendo que a área afeta a tal também já apresenta uma grande parte de montagem final dos projetos produzidos. Estas linhas são utilizadas na integra para produzir projetos mais antigos com menos necessidades, tais como para o Fiat panda e Volvo. Aqui as placas são trabalhadas de forma a serem introduzidos componentes de maiores dimensões que são ainda processos feitos manualmente.

A área e montagem final (FA) presente neste edifício dá lugar a bastantes projetos que se encontram ativos. As placas chegam provenientes das linhas de SMT do edifício 1, e juntamente com os displays e restantes partes necessárias dá-se a montagem final do componente. Cada

linha de montagem está adaptada às necessidades de produção do seu projeto garantindo sempre os padrões de qualidade exigidos pelo cliente.

A forma como as diversas secções trabalham é igual à do edifício 1 e está explicada com mais detalhe no processo produtivo do mesmo.

5 – Embalamento

A área designada para embalamento está diretamente conectada com a montagem final, sendo aqui onde se recebe o produto das linhas de montagem e se procede ao devido embalamento.

Cada projeto com produto acabado tem a sua caixa própria, feita em concordância com as exigências do cliente, e a sua forma e quantidade a embalar por caixa.

É também neste área que se dá o armazenamento de caixas vazias de plástico, existindo assim alguma quantidade no local.

4. Introdução aos AMR

Esta dissertação, aborda as operações logísticas em dois edifícios da Aptiv, com funcionamentos distintos. O trabalho foi dividido em dois projetos específicos: o Projeto 1 abrange as entregas de material realizadas pelo MIR no edifício 1, enquanto o Projeto 2 se refere às entregas efetuadas pelo MIR no edifício 2. Para uma melhor compreensão dos equipamentos utilizados nos projetos que serão apresentados, esta secção detalha o seu funcionamento e as suas principais características.

Os Robôs Móveis Industriais, também conhecidos como MiR (Mobile Industrial Robots), são um tipo de AMR (Robôs Móveis Autónomos) que utilizam tecnologias sofisticadas, como a inteligência artificial (IA). Equipados com câmaras e sensores avançados, estes robôs conseguem analisar o ambiente em tempo real, reconhecendo pessoas, objetos e outros robôs em movimento. Graças à IA, os MiR ajustam os seus percursos de forma autónoma e eficiente, evitando áreas congestionadas e tomando decisões em tempo real sem intervenção humana.

Por exemplo, quando um MiR encontra outro robô no seu caminho, ele calcula a rota ideal para evitar colisões ou paragens desnecessárias. Assim, os MiR demonstram uma integração eficaz com o ambiente organizacional, contribuindo para um sistema de transporte interno mais ágil e inteligente (MiR, 2024).

Os AMR equipados com IA são frequentemente designados como AIV (Autonomous Intelligent Vehicles), devido às suas capacidades avançadas de adaptação e resposta.

4.1. Robô autónomo MiR 100

O robô MiR 100 presente no edifício 1 foi o primeiro investimento em AMR da empresa, tendo sido adquirido com o objetivo de entregar material de SMT às linhas (Figura 31).

O robô é flexível e capaz de transportar cargas de até 100 kg de forma autónoma. Permite instalar módulos superiores customizados como containers, grades, elevadores, correias e até braço robótico colaborativo, para qualquer aplicação. Os módulos superiores são facilmente substituídos, para adaptar o robô a diferentes tarefas.



Figura 31: Robô MiR 100

Com esta capacidade de transporte no que toca ao peso e com uma velocidade máxima de até 1,5 m/s, este robô veio colmatar todas as necessidades logísticas existentes para a altura. A Tabela 1 retrata as especificações mais importantes e úteis para um melhor entendimento do MiR 100.

Tabela 1: Características MiR 100

Características do AMR MiR100	
Dimensões e cor	
Comprimento	890 mm
Largura	580 mm
Altura	352 mm
Peso	70 kg
Altura do chão	50 mm
Cor	RAL 9010 Branco puro
Carga útil	
Carga útil do robô	100 kg (inclinação 5%)
Capacidade de reboque	300 kg
Velocidade e desempenho	
Autonomia	10 h ou 20 km
Velocidade máxima	1,5 m/s
Raio de direção	1300 mm
Precisão de posicionamento	50 mm
Largura mínima corredor	1 m
Dieta e características ambientais	

Bateria	LI-NMC, 24 V, 40 Ah
Tempo de carregamento	4,5 horas cabo, 3 com estação
Opções de carregamento	MiRCharge 24V, cabo de carregamento
Temperatura ambiente	5 °C até 40°C
Classificação de proteção	IP 20
Uso	Interno
Comunicação e sensores	
Wi-Fi	Sem fio de banda dupla AC/G/N/B
Sistema de segurança SICK (2 unid)	Scanner a laser de segurança SICK S300
Câmeras 3D (2 unid)	Intel RealSense™
Sensores ultrassônicos	4 unidades

Como mencionado previamente, este AMR permite a instalação de módulos adaptativos de acordo com aquilo que a empresa necessita do equipamento. No caso da APTIV foi instalado um componente como demonstra na Figura 32 que permitisse a fixação do robô a um carrinho específico. Este carrinho também teria de estar adaptado a este tipo de fixação para que o acoplamento fosse seguro e eficaz.



Figura 32: Módulo adaptativo do MiR 100

4.2. Robô autônomo MiR 500

Com vista a otimizar a logística interna de transporte repetitivo de materiais do edifício 2, a APTIV adquiriu em 2020 o robô autônomo MiR 500 EU *pallet lift* (Figura 33). Trata-se de robô autônomo capaz de transportar 500 kg em peso colocado sempre em cima de uma paleta com as dimensões de normas europeias, 1200 x 800 mm.

A substituição destes trabalhos vem permitir á empresa melhorias ao nível da saúde dos seus colaboradores, eficiência nos transportes das matérias, retorno monetários e até mesmo de segurança.



Figura 33: Robô MiR 500 EU pallet lift

O primeiro robô desenvolvido por este fornecedor foi o MiR100, anteriormente apresentado, com o objetivo de transportar materiais no interior de hospitais. Dado o sucesso alcançado, surgiu a necessidade de movimentar cargas mais pesadas, como paletes, o que levou ao desenvolvimento de robôs de maior porte, mais robustos e eficientes.

Para atender às exigências da empresa, a solução selecionada foi o MiR 500. Este robô, equipado com elevadores de paletes, é capaz de recolher, transportar e distribuir paletes de forma totalmente autónoma ao longo de toda a área de produção. Concebido para estar em conformidade com as mais recentes normas de segurança, o MiR 500 apresenta-se como uma alternativa eficaz aos empilhadores convencionais.

Com uma capacidade de carga até 500 kg, velocidades que podem atingir os 2 m/s e uma elevada agilidade para operar em espaços congestionados, este robô permite uma otimização significativa

dos fluxos de trabalho logísticos. A Tabela 2 apresenta as especificações mais relevantes do MiR 500, proporcionando um melhor entendimento das suas características técnicas.

Tabela 2: Características MiR 500

Características do AMR MiR 500 pallet lift	
Dimensões e cor	
Comprimento	1350 mm
Largura	909 mm
Altura	320 mm
Altura com pallet lift em baixo	407 mm
Altura com pallet lift em cima	476 mm
Peso	226 kg
Peso com pallet lift	282 kg
Distância ao solo	40 mm
Superfície superior de carga	1249 mm X 789 mm
Diâmetro das rodas motriz	200 mm
Diâmetro das rodas rodízio	100 mm
Carga útil	
Carga útil do robô	500 kg
Capacidade total de elevação	500 kg
Velocidade e desempenho	
Autonomia	15 h
Velocidade máxima	2,0 m/s
Tamanho mínimo do objeto detetável	20 mm
Sensores	
Scanners a laser de segurança SICK	microScan3 e proteção visual de 360 graus
Câmera 3D	Câmera 3D Intel RealSense D435..
Alcance da altura da câmera	170 mm
Alcance da câmera ao redor	950 mm
Distância mínima do robô ao obstáculo	250 mm
Sensores de proximidade	8 peças

4.3. Navegação dos robôs autónomos

Como mencionado na revisão bibliográfica, a principal diferença entre os AGV e os AMR reside no grau de autonomia acrescida dos AMR, que lhes permite, por exemplo, contornar obstáculos de forma eficiente. A interação entre os sensores internos e externos do robô permite-lhe navegar em ambientes movimentados, assegurando a execução das missões com precisão e segurança.

Equipado com dois scanners laser de segurança SICK, localizados na parte frontal e traseira e com um campo de visão de 270 graus, o robô consegue ter uma percepção completa de 360 graus. Estes sensores são responsáveis por monitorizar continuamente o trajeto durante as operações, localizar o robô e transmitir informações relevantes para os operadores através da interface, além de realizar o mapeamento inicial do layout da fábrica (Figura 34).

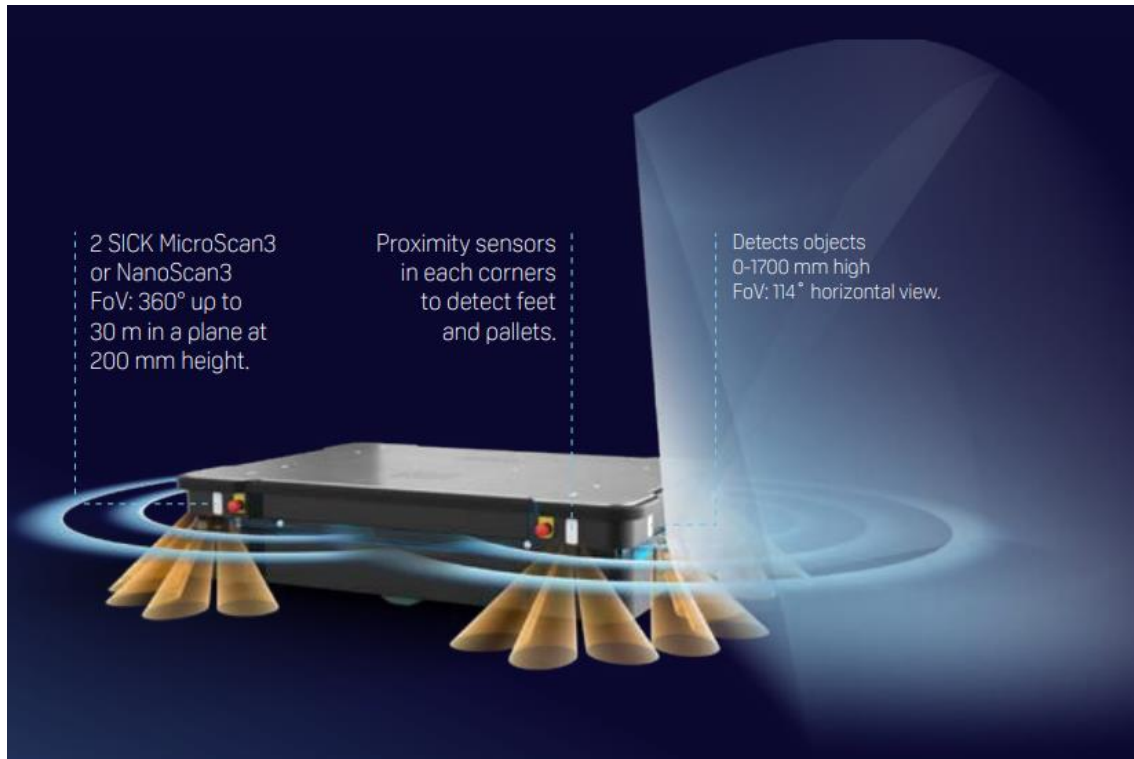


Figura 34: Sistema de navegação do MiR

Ambos os modelos de robôs integram duas câmaras 3D, instaladas na parte frontal, capazes de detetar obstáculos até uma distância de 950 mm e com uma altura de até 1700 mm, conforme ilustrado na Figura 34. Adicionalmente, possuem sensores de proximidade nos quatro cantos do robô, que identificam objetos próximos ao solo, não detetados pelos scanners e câmaras 3D, garantindo que o robô evita colisões com objetos baixos, como porta-paletes.

Os robôs estão ainda equipados com sistemas de alerta visual e sonoro, que permitem a sua deteção a distâncias maiores. Estes sistemas são também utilizados para indicar aos colaboradores o estado operacional do robô (em missão, em carregamento ou em fase de planeamento), podendo ser configurados de acordo com as missões atribuídas.

4.4. Software de gestão

Uma das principais vantagens dos robôs MiR da Mobile Industrial Robots é a sua interface Web, reconhecida pela sua facilidade de utilização ("*user friendly*"), permitindo que os operadores interajam com o robô de forma simples. Através deste software de gestão, o robô pode ser controlado remotamente via um navegador Web (HTML).

No caso da APTIV necessitar de integrar vários robôs na mesma área, o controlo de gestão poderia ser automatizado através da plataforma MiR Fleet. O acesso ao sistema é feito via IP, exclusivo para a APTIV, ou através de ligação WiFi, sendo necessário efetuar o login com as credenciais adequadas.

Após o login, o utilizador acede à interface Web e ao painel de controlo geral, onde pode configurar o robô e utilizar todas as funções disponíveis para o MiR500. As principais áreas da interface incluem os botões superiores, os separadores laterais e o painel de controlo predefinido.

Na Figura 35 são apresentados os botões superiores da interface MiR, que fornecem informações básicas sobre o estado do robô:

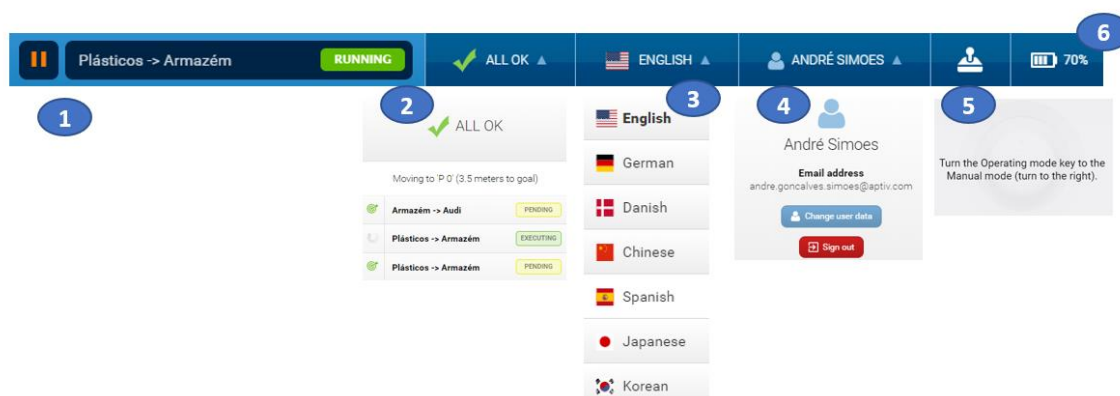


Figura 35: Comandos superiores da interface

1. Botão de Parar/Retomar: Permite interromper ou reiniciar as operações do robô;
2. Botão de Erros: Indica o estado do robô e as missões em curso. Um indicador verde significa operação normal, enquanto um indicador vermelho sinaliza um erro;
3. Botão de Idioma: Permite alterar o idioma da interface;
4. Botão de Perfil: Usado para fechar sessão ou mudar o perfil do utilizador;
5. Navegação Manual: Controla manualmente o robô através de um *joystick*, sendo necessário ativar uma chave de segurança para esta função, um requisito de segurança adicional para robôs de maior dimensão;
6. Indicador de Bateria: Mostra o nível atual de carga do robô.

Na Figura 36, observam-se os separadores laterais da interface, que permitem o acesso a funções mais avançadas do robô. Estes separadores estão divididos em:



Figura 36: Comandos laterais da interface

- ***Dashboard:*** Um conjunto de *widgets* que facilitam a operação diária. No painel predefinido (Figura 37), é possível visualizar o estado atual do robô, utilizar a navegação manual e observar o mapa da posição do robô;

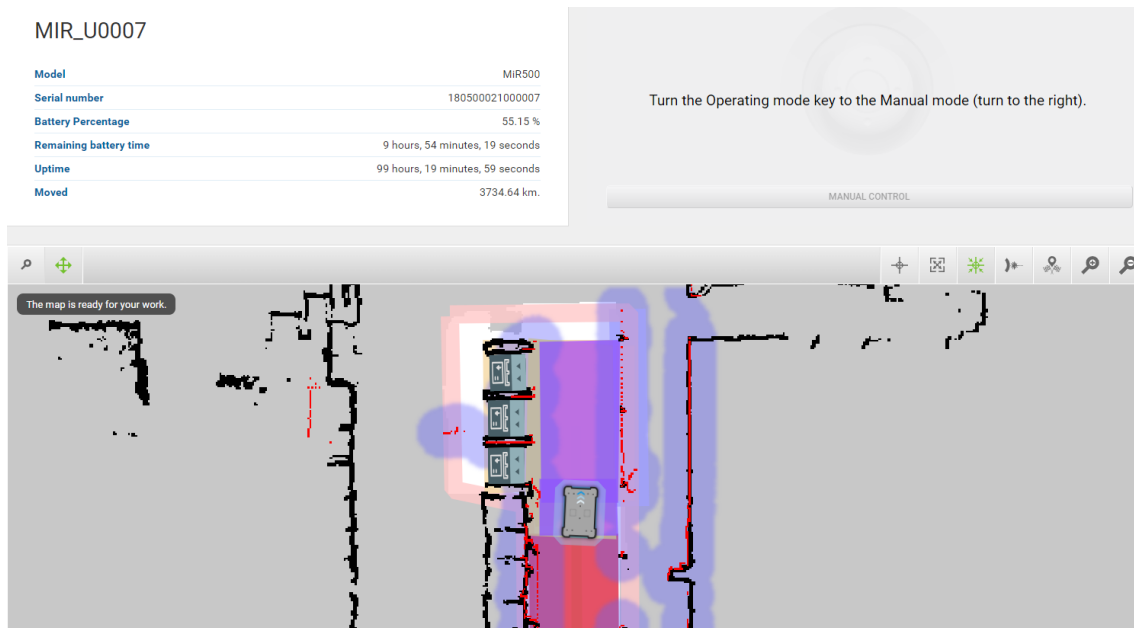


Figura 37: Dashboard predefinido

- ***Setup:*** Uma das secções mais relevantes da interface, onde é possível criar missões, mapas, utilizadores e configurar outras funcionalidades essenciais para ajustar o robô ao layout da fábrica;
- ***Monitoring:*** Esta secção contém ferramentas para monitorizar o estado do robô e prevenir problemas de hardware. Os submenus principais incluem o log de missões, que permite verificar o desempenho do robô, o *health check* de hardware, o sistema de segurança (que replica a visão dos scanners laser) e um sistema de análise gráfica que apresenta estatísticas dos quilómetros percorridos (Figura 38);

Analytics

Watch charts and statistics for the robot 

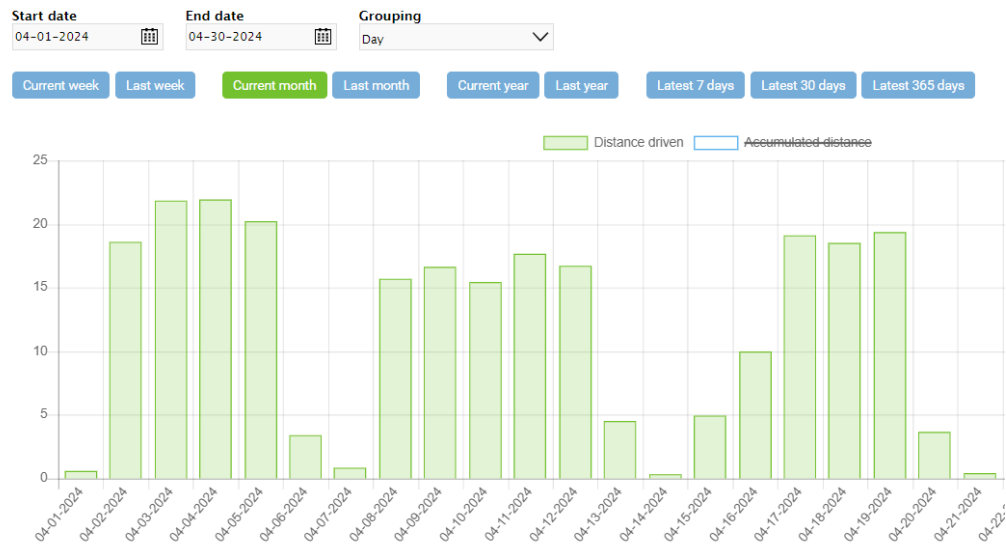


Figura 38: Análise de km percorridos pelo robô

- **System:** Usado para alterações de longo prazo, como atualizações de *software*, *backups* e definições de fábrica;
- **Help:** Oferece acesso a manuais de ajuda para suporte técnico;
- **Log out:** Termina a sessão atual na interface.

5. Projeto 1

Conforme abordado anteriormente, este projeto foca-se nos processos logísticos de entrega de material realizados pelo AMR no edifício 1. O principal objetivo é identificar os problemas associados à rota atualmente executada pelo robô MiR 100 e propor soluções que permitam melhorar a eficiência dos processos logísticos da empresa. Inicialmente, será descrita a rota atual seguida pelo MiR 100, destacando em seguida os principais pontos críticos que motivam a necessidade de otimização deste processo de entrega.

5.1. Rota de entrega de material a SMT

A rota de entrega de material inicia-se no armazém do cais norte do edifício 1, onde dois colaboradores do departamento logístico (PC&L) estão dedicados à tarefa: um deles realiza o *picking*, retirando o material das prateleiras e colocando-o numa mesa de trabalho, enquanto o outro faz o *sorting*, organizando o material no carrinho de transporte conforme o setor de destino e a linha correspondente.

Existem três setores de abastecimento, A, B e C, mas os setores A e B são abastecidos em conjunto no ponto A/B (Figura 39), que serve um total de 12 linhas: no setor A, as linhas 15, 27, 29, 30, 31 e 33, e no setor B, as linhas 18, 19, 20, 26, 28 e 32. Devido ao espaço limitado no layout do edifício, não é possível separar os dois setores, exigindo que a mesma rota abasteça ambos.

Após o primeiro carrinho ser preenchido com todo o material necessário, ele é levado para a área de trabalho do MiR. Lá, o material é transferido para um segundo carrinho de acordo com o seu destino: o material dos setores A e B é colocado no carrinho da rota A/B, enquanto o material do setor C é colocado no carrinho da rota C.

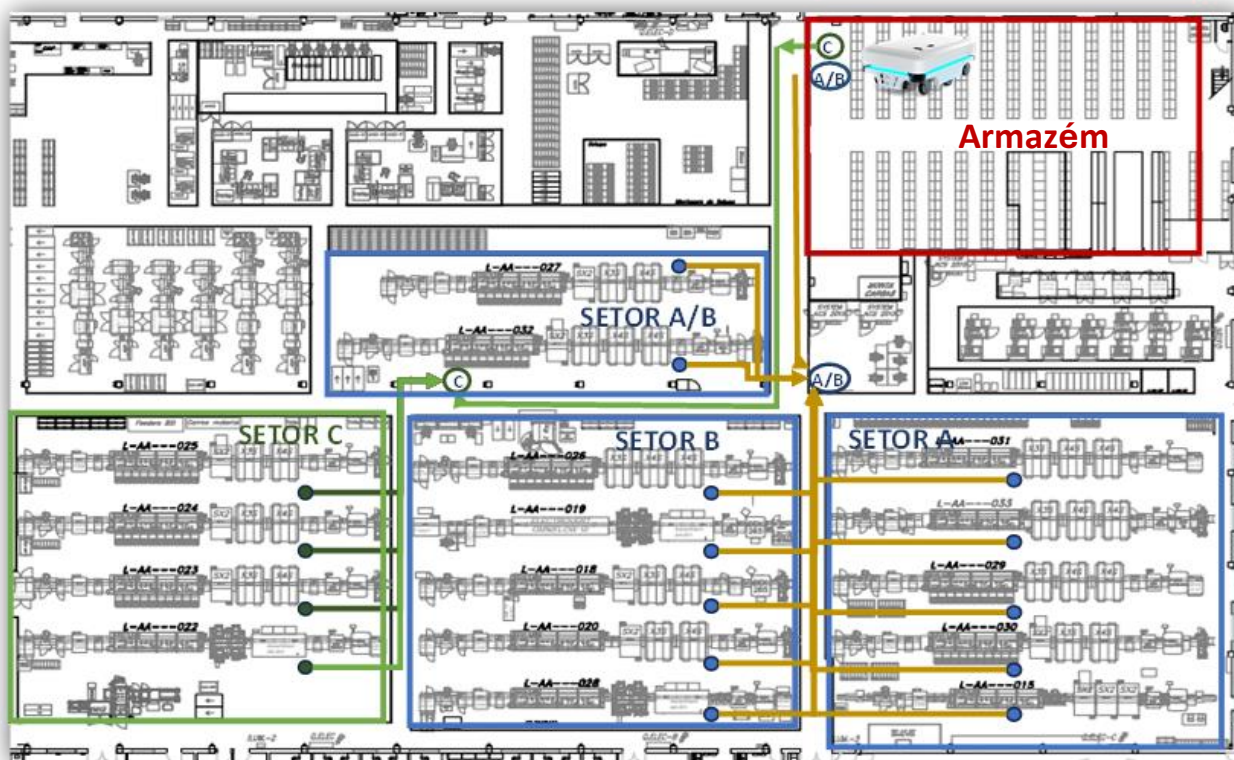


Figura 39: Funcionamento da rota atual. Seção a vermelho: armazém; Seção a azul: todo o setor A/B; Seção a verde: Setor C

Atualmente, a estrutura de transporte do MiR funciona conforme ilustrado na Figura 41. Os rolos grandes são colocados em duas caixas localizadas na base da plataforma, devidamente identificadas com a linha de destino. Os rolos menores são pendurados em espetos fixados nas barras da estrutura do carrinho, também com a identificação correspondente ao destino de cada linha.

Com o carrinho completo, o colaborador atribui ao MiR a missão de realizar a rota A/B. O robô recolhe o carrinho e transporta-o até ao ponto de entrega, onde há duas posições possíveis: uma ocupada com o carrinho vazio deixado anteriormente e outra para a alocação do novo carrinho. O MiR, através do seu sistema de gestão, identifica a posição vazia, descarrega o carrinho e recolhe o carrinho vazio para o devolver ao armazém, garantindo um ciclo contínuo de entrega. Após isso, o mesmo processo é realizado para a rota do setor C.

A rota A/B abastece 12 linhas, com o MiR percorrendo 21 metros até ao ponto de desacoplamento. Já o ponto C abastece 4 linhas, com uma distância de 47 metros. Uma vez deixado o carrinho no ponto de abastecimento, os colaboradores da SMT recolhem o material conforme necessário, levando-o tanto para a parte da frente quanto para a parte de trás das linhas.

5.2. Análise crítica da situação atual

Nesta secção é apresentada a análise crítica efetuada à situação atual da empresa. Para fazer esta análise foram observadas as práticas existentes, fez-se análise documental, registaram-se deslocações, quantidades, perdas de tempo, entre outras. Esta análise permitiu identificar problemas que, alinhados com os objetivos definidos pela empresa, resultaram na busca e apresentação de soluções direcionadas à sua mitigação.

5.2.1. Rota e desperdícios na entrega

De acordo com as diretrizes do Lean 4.0, que a empresa pretende seguir, é necessário implementar um milk run que elimine a necessidade de deslocamentos por parte dos colaboradores da SMT. Atualmente, o MiR deixa o carrinho com material em pontos específicos, obrigando os colaboradores a deslocarem-se para recolher o material, o que representa tempo gasto em atividades sem valor acrescentado, em vez de estarem nas suas linhas a realizar trabalho produtivo.

Para implementar um milk run eficiente, o objetivo é que o departamento de PC&L entregue o material diretamente na linha de produção, eliminando deslocamentos dos colaboradores da SMT. Além disso, ao abastecer a linha com uma estrutura cheia, é essencial que o MiR traga de volta a estrutura vazia deixada anteriormente.

Um dos principais problemas do sistema atual é a quantidade de material que retorna ao armazém após o MiR recolher o carrinho "vazio". Muitas vezes, as linhas não necessitam do material dentro da janela de entrega, resultando em material não recolhido e acumulado. Isso exige que os colaboradores do PC&L reorganizem esse material para futuras entregas, criando atrasos e falta de espaço no carrinho. Um milk run "ideal", com entrega direta ao colaborador, poderia solucionar essa questão.

Atualmente, há desperdícios devido à falta de um milk run eficaz. O layout apresentado na Figura 40 mostra a distância média que os colaboradores precisam percorrer para recolher material nos dois pontos de entrega.

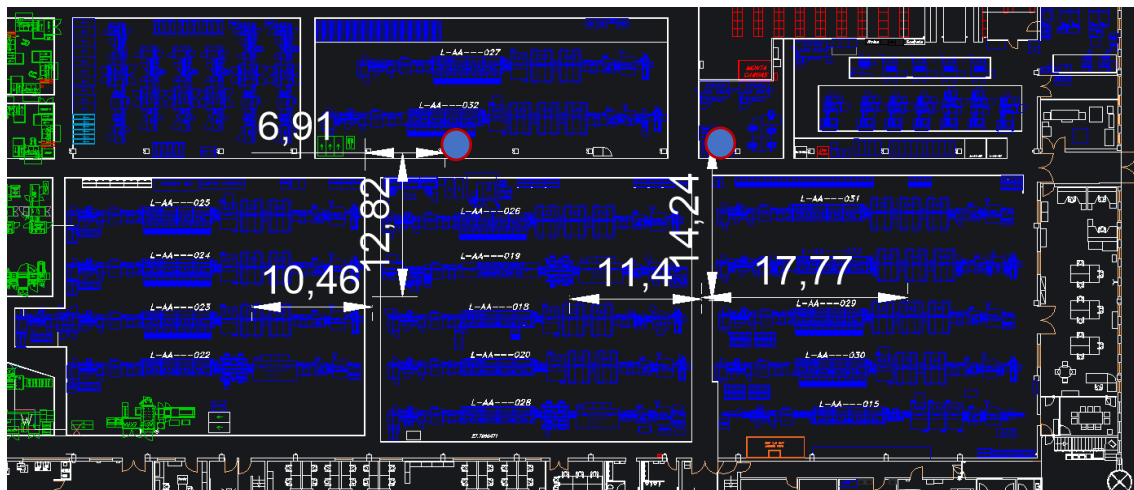


Figura 40: Distância a percorrer pelos colaboradores de SMT. Os pontos assinalados representam os pontos de recolha.

Para calcular o deslocamento total dos colaboradores na recolha de material, utilizam-se as distâncias observadas na figura anterior, somando os trajetos percorridos pelos 16 colaboradores.

- **Deslocamento total:** +/- 892 m (soma dos deslocamentos médios até ao ponto de recolha e volta dos 16 colaboradores)
- **Velocidade média de um colaborador:** aproximadamente 1 m/s
- **Número de colaboradores:** 16
- **Tempo médio desperdiçado na procura de material no carrinho (tempo medido):** aproximadamente 20 segundos
- **Tempo total de trabalho por turno:** 457 minutos (8h de trabalho completas x 60 – pausas diárias)

O cálculo é detalhado da seguinte forma:

1. Tempo total desperdiçado por turno:

O tempo desperdiçado inclui tanto o tempo de deslocamento quanto o tempo para encontrar o material no carrinho. O cálculo do tempo total desperdiçado por turno é:

$$\text{Tempo total desperdiçado na coleta de material: } \left(\left(892 * 1 \frac{m}{s} \right) + 20 s * 16 \right) * 3 * 8 = 29088 s (484,8 \text{ minutos})$$

2. Tempo desperdiçado por colaborador:

O tempo desperdiçado por colaborador em um turno é:

$$\text{Tempo desperdiçado por colaborador por turno: } \frac{484,8}{16} = 30 \text{ minutos}$$

O tempo desperdiçado representa 6,63% do turno total de 457 minutos.

3. Impacto financeiro:

O custo anual de um colaborador para a empresa é de 18.000 €. O desperdício devido aos deslocamentos é calculado da seguinte forma:

- **Desperdício por colaborador:**

$$18000 * 6,63\% = 1194 \text{ €}$$

- **Desperdício total anual (considerando 16 colaboradores):**

$$1194 * 16 = 19\ 104 \text{ €}$$

Em resumo, o sistema atual de deslocamento dos colaboradores resulta num desperdício anual de 19 104 € por turno, além de 6,6% do tempo de trabalho diário sendo perdido em atividades não produtivas, como a recolha de material.

5.2.2. Ganchos e identificação de rolos

Um dos principais problemas da rota atual é a forma como o material é transportado. Como mostrado na Figura 41, muitos dos rolos são pendurados em ganchos, semelhante a um sistema de talho. Além de ser visualmente pouco apelativo, este método torna o sistema de etiquetagem no carrinho confuso e desorganizado. Além disso, esse tipo de transporte aumenta o risco de quedas, podendo causar danos ao material.

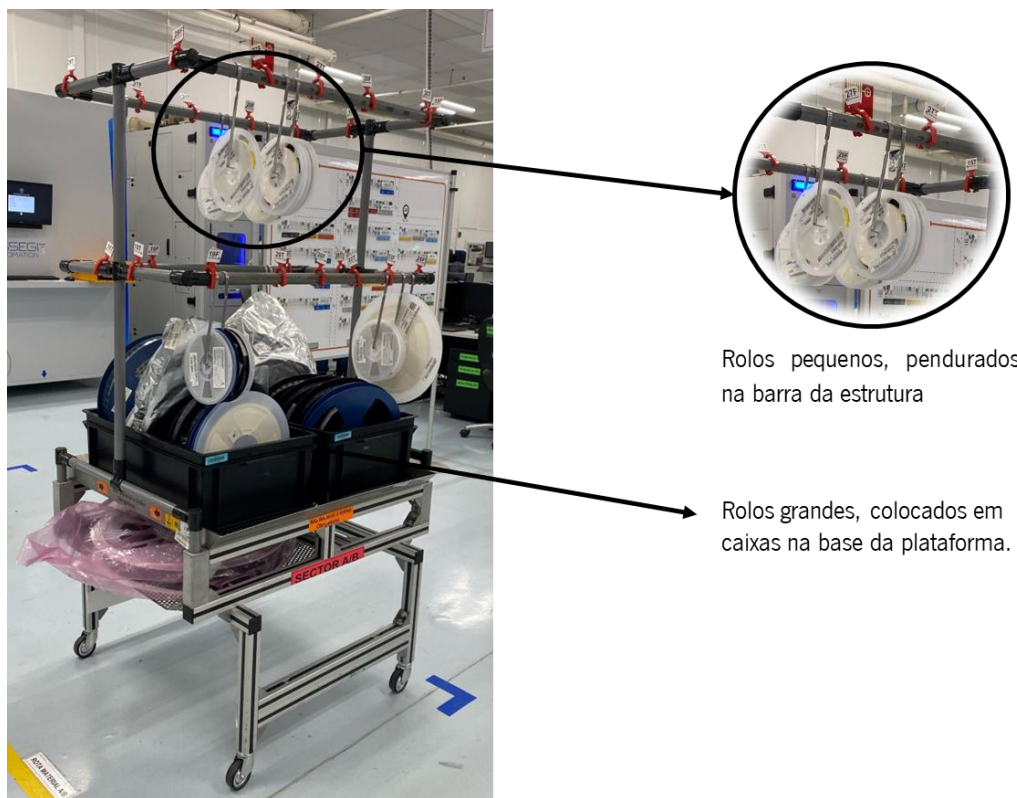


Figura 41: Ganchos e estética do carrinho

Um problema importante neste método de transporte é que os rolos grandes são armazenados em caixas na base da estrutura, como mostrado na figura. Isso exige que cada rolo seja identificado com a linha de destino, para que os colaboradores da SMT saibam qual rolo pertence à sua linha. No armazém, os colaboradores do PC&L precisam escrever no rolo a linha de destino, por exemplo, "Linha 32F", indicando que o rolo é para a parte da frente da linha 32, o que resulta em um manuseamento desnecessário.

Além de ser uma tarefa extra para o armazém, isso também afeta os colaboradores da SMT, que perdem tempo verificando rolo a rolo para encontrar o material correto, prejudicando a eficiência do abastecimento das linhas.

5.2.3. Transferência entre carrinhos

Um dos principais problemas a resolver é a transferência de material entre carrinhos. Durante o processo de *picking* no armazém, o primeiro colaborador seleciona os rolos, enquanto o segundo faz o *sorting* e os coloca em um carrinho inicial. No entanto, este carrinho não é compatível com o MiR, o que obriga a transferir os rolos para o carrinho final, adaptado para o transporte. Este

duplo manuseamento resulta em perda de eficiência, pois não há benefício na repetição desse processo.

Além disso, é evidente o manuseamento excessivo de material nesta rota de SMT, causado pela divisão de tarefas de *picking* e *sorting* entre os colaboradores. Isso vai contra o princípio do "*one touch delivery*", que é um dos requisitos do *Lean 4.0*, e visa reduzir o manuseamento para aumentar a eficiência.

5.2.4. Problemas com o MiR 100

Como já mencionado anteriormente, o robô utilizado neste edifício para realizar a rota de SMT é o MiR 100. Atualmente, tem sido observado algum mau funcionamento, principalmente devido a questões relacionadas ao layout da fábrica. O primeiro problema é o elevado trânsito de operadores nas áreas de circulação do MiR, o que gera interferências e constrangimentos nas suas rotas. O segundo é o aumento das exigências produtivas, que resultou em uma maior ocupação do espaço produtivo, reduzindo os corredores disponíveis para o robô. Esta redução de espaço, quando não atualizada no software de gestão do MiR, provoca falhas no processamento e lentidão na execução das tarefas.

Além disso, o robô, adquirido há algum tempo, necessita de maior manutenção preventiva para evitar falhas que possam levar à interrupção de suas operações. Durante a realização deste projeto, foi observada uma falha no sistema de carregamento do MiR, o que obrigou os colaboradores a assumirem a execução da rota em determinados períodos.

5.2.5. Oportunidades de melhoria do projeto 1

Em suma, a Tabela 3 apresenta um resumo dos problemas identificados na rota de SMT.

Tabela 3: Oportunidades de melhoria na rota

Oportunidades de melhoria na rota
1º - A rota atual não assegura um <i>milk run</i> eficiente, o que obriga os colaboradores da SMT a se deslocarem para buscar o material, reduzindo a produtividade.

2° - A entrega de material na rota resulta no retorno de materiais ao armazém, devido à forma inadequada como o abastecimento é realizado.
3° - O design e o funcionamento do trolley não são ideais, com um formato inadequado e uso de ganchos para transporte, prejudicando a organização e a integridade do material.
4° - Os colaboradores da SMT perdem tempo na busca por material, gerando desperdício devido à falta de um sistema de organização eficiente no carrinho.
5° - O processo de <i>picking</i> e <i>sorting</i> é realizado separadamente, o que leva a um manuseamento excessivo e desnecessário do material.
6° - Há desperdício de tempo no deslocamento até o MiR e na transferência do material para outro carrinho, sem agregar valor ao processo.
7° - O robô enfrenta problemas operacionais relacionados ao layout da fábrica e à falta de manutenção preventiva, comprometendo a eficiência da rota.

5.3. Apresentação e implementação de soluções

Nesta secção, apresentam-se algumas soluções que permitem a correção dos problemas encontrados com a rota de SMT. Numa fase inicial são apresentados os trabalhos feitos com o intuito de melhorar o estado atual do funcionamento do robô. Posteriormente são abordadas as três possibilidades de rotas futuras para a entrega de material a SMT, todas com o objetivo de resolver os problemas mencionados na secção anterior. Numa fase final é feita uma comparação entre as diversas possibilidades, analisando os seus pontos fortes e fracos, de modo a argumentar qual a rota ideal para o caso de estudo.

5.3.1. Mapeamento do layout e manutenção necessária

Devido às alterações no layout da fábrica, resultantes da ampliação do espaço produtivo e consequente redução dos corredores de circulação, foi necessário remapear o trajeto percorrido pelo MiR. Esse processo foi realizado manualmente, em um período de inatividade do robô. A tarefa é trabalhosa e demorada, pois a condução manual do MiR em um ambiente em produção torna o mapeamento mais difícil.

O procedimento seguiu os seguintes passos:

1. O MiR foi conduzido manualmente ao longo da rota para que seus sensores e câmaras pudessem registrar o ambiente.
2. Após o mapeamento inicial, ajustes foram feitos no mapa, como a eliminação de obstáculos temporários (ex.: pés de pessoas) e correção de áreas mal mapeadas.
3. Com o mapa otimizado, foram definidas as zonas de circulação, áreas restritas e limites de deslocamento (delimitados pela faixa rosa).
4. Em seguida, foram estabelecidas as posições exatas para recolha e entrega de estruturas, com o MiR sendo posicionado manualmente em cada local. As coordenadas dessas posições foram definidas no software como "*shell*", para automatizar os comandos de pegar e soltar o material.

Após concluir o remapeamento e os ajustes necessários, o MiR voltou a operar sem problemas, cumprindo suas funções de maneira eficiente. Mapeamentos desatualizados ou incorretos podem gerar falhas operacionais, mas este problema foi resolvido com a criação de um novo mapa. Na Figura 42 é possível visualizar o layout do novo mapa. A linha externa, representada em rosa, define os limites do espaço de circulação permitido para o robô. A área em amarelo indica a zona de deslocamento efetivo do MiR, enquanto as marcações circulares em azul e lilás correspondem às posições específicas de operação, onde o robô realiza as ações de recolha e entrega de materiais.



Figura 42: Novo mapa do MiR para a área de trabalho do edifício 1

Paralelamente, foram discutidos com o fornecedor alguns problemas de desempenho do robô. O MiR não recebia manutenção preventiva, o que resultava em falhas e paragens frequentes. Para evitar isso, a equipa foi sensibilizada sobre a importância da manutenção regular, visando a correção imediata de futuras falhas.

Quanto aos problemas específicos, como falhas no carregamento e desgaste das rodas, foram agendadas reuniões com o fornecedor (EPL). Ficou decidido que o carregador seria enviado para reparo e que novas rodas seriam instaladas na próxima visita. Essas ações visam garantir que o robô opere de maneira mais eficiente e atenda às expectativas operacionais da fábrica.

5.3.2. Solução para a Organização do Material a Transportar e Caso de Estudo

Para mitigar os problemas identificados na rota de abastecimento de material para SMT, foi projetada uma solução integrada que aprimora tanto o transporte quanto a organização do material. Este esforço visa atender especialmente os problemas destacados anteriormente, com foco nos itens 2, 3, 4 e 6, relacionados ao design do carrinho atual, falta de organização e ineficiência operacional (Figura 41).

Padronização do Carrinho e Compatibilidade com o MiR

O novo conceito inclui a padronização do carrinho de transporte, alinhado às necessidades das linhas SMT e totalmente compatível com o MiR. Essa abordagem elimina o manuseamento duplo de material e reduz o tempo gasto em transferências, garantindo maior eficiência no processo de abastecimento. A padronização também requer ajustes nos processos do armazém, incluindo a reorganização das operações de picking e a adoção de caixas ESD para transporte.



Figura 43: Caixa ESD para transporte

Adoção de Caixas ESD

As caixas ESD, já utilizadas no edifício 2, foram adaptadas para o edifício 1, compondo uma estrutura de transporte eficiente (Figura 43). Essas caixas resolvem diversos problemas:

1. **Organização por Linha:** Cada caixa é dedicada a uma linha de produção, eliminando a necessidade de retornos ao armazém e reduzindo o tempo gasto pelos operadores na busca por material.
2. **Estrutura Simples e Funcional:** O design do carrinho com dois andares, similar a uma prateleira, permite transportar até 16 caixas por viagem, otimizando o espaço e mantendo o material protegido e organizado.
3. **Separação por Setor e Localização:** Foi proposto um separador móvel dentro das caixas, facilitando a alocação do material para setores distintos, como frente e traseira das linhas (Figura 46).



Figura 44: Carrinho de testes parado no ponto de recolha

Estudo de Caso: Teste do Novo Conceito

Para validar o conceito, foi realizado um estudo prático em duas rotas (A/B) que abastecem 12 linhas de produção (Figura 45). Os principais aspetos do teste foram:

- **Capacidade de Transporte:** Foram utilizadas estruturas de dois andares, com 8 caixas em cada, totalizando 16 caixas por carrinho. Cada caixa ESD tem de dimensões 430x175x275 mm, atendendo às necessidades médias e possibilitando o transporte de material adicional para linhas com maior necessidade (Figura 44).
- **Identificação do Material:** Todas as caixas foram etiquetadas com a linha correspondente, e caixas extras possuíam etiquetas adaptativas para flexibilidade de uso. No entanto, o processo de rotulagem manual revelou ser um gargalo, requerendo assistência contínua.
- **Resultados:** Durante os testes realizados em 16 e 21 de maio, constatou-se que as 8 caixas por setor foram suficientes para atender às necessidades de material das linhas. Linhas com maiores necessidades, como as 27 e 32, exigiram caixas extras, mas o sistema proposto mostrou-se eficaz no atendimento.

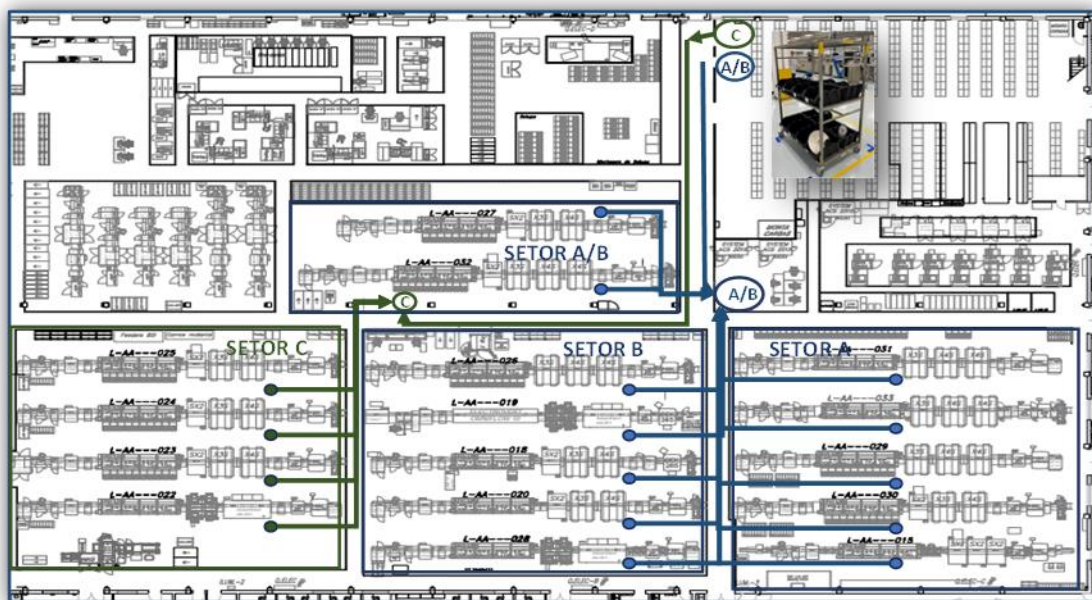


Figura 45: Ilustração do funcionamento dos testes realizados

Os resultados dos testes confirmaram a viabilidade do conceito, demonstrando uma significativa melhoria na organização e eficiência do transporte de material. A separação por setores e a integração do separador móvel são propostas para maior refinamento do sistema. Com base nesses dados, será projetado um carrinho com dimensões otimizadas para suportar o modelo de transporte, permitindo a expansão e padronização em outras rotas de SMT.

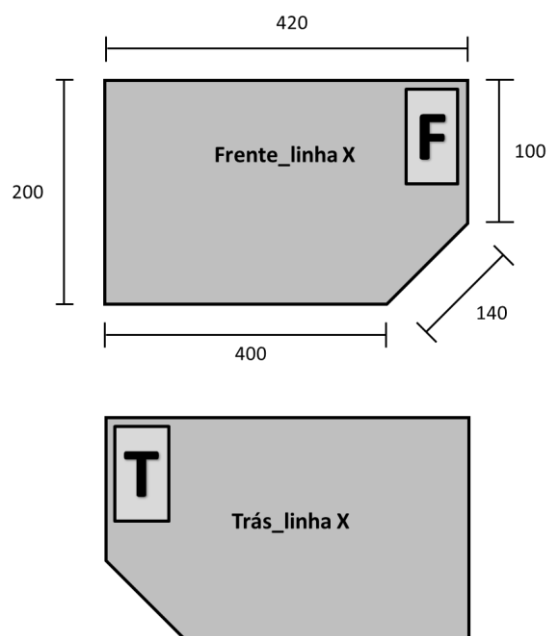


Figura 46: Ideia de separador móvel para caixas

5.3.3. Rotas de entrega de material a SMT

Nos diversos setores industriais, a eficiência dos processos de abastecimento das linhas de produção desempenha um papel crucial na otimização dos fluxos logísticos internos e na redução de custos operacionais. Dada a complexidade e o dinamismo dos processos produtivos, é essencial selecionar a solução mais adequada para garantir a entrega eficiente de materiais às estações de trabalho. Neste estudo, serão analisadas três possíveis rotas de abastecimento, utilizando duas soluções tecnológicas amplamente reconhecidas: robôs móveis autônomos (AMR) e o *mizusumashi*.

Cada rota mencionada cumpre com os requisitos que queremos implementar na procura de melhorar significativamente este processo de entrega e vai ao encontro das soluções apresentadas no ponto 5.3.2.

É fundamental destacar que a entrega de material para o setor SMT possui um buffer de aproximadamente 30 minutos, sendo que as rotas devem ser concluídas em no máximo 20 minutos para garantir uma margem de segurança.

As soluções propostas apresentam diferentes vantagens e desafios, dependendo de fatores como o layout da fábrica, a fiabilidade da implementação, a garantia de um *milk run* eficiente e os custos envolvidos.

Por fim, será apresentado um modelo comparativo das rotas, permitindo uma análise detalhada dos resultados obtidos com o estudo.

5.3.3.1. Rota 1 – Entrega de material em pontos específicos

A proposta de rota de entrega em pontos específicos visa melhorar o sistema atual, mantendo alguns elementos familiares enquanto incorpora melhorias para atender às necessidades operacionais. A seguir, apresentamos a estrutura e os cálculos associados a esta rota, de forma clara e detalhada.

Funcionamento da Rota

- **Preparação no Armazém:** As caixas de materiais são abastecidas pelos funcionários logísticos e organizadas num carrinho compatível com o MiR.
- **Operação com o MiR:** O robô autônomo transporta o carrinho do ponto de partida (armazém) para o chão de fábrica, percorrendo duas rotas:
 - **Rota A/B:** Com três paragens:
 - **Ponto 1:** Linhas 27 e 32 (0,5 minutos de paragem).
 - **Ponto 2:** Linhas 19, 26, 31 e 33 (1,5 minutos de paragem).
 - **Ponto 3:** Linhas 15, 18, 20, 28, 29 e 30 (2 minutos de paragem).
 - **Rota C:** Com uma única paragem para atender às linhas do setor C, linhas 22, 23, 24 e 25 (2 minutos).
- **Carregamento do Carrinho:** Após a conclusão da entrega, o robô retorna ao armazém para recarregar o carrinho.

Na Figura 47 é possível observar de uma forma intuitiva o funcionamento desta rota.

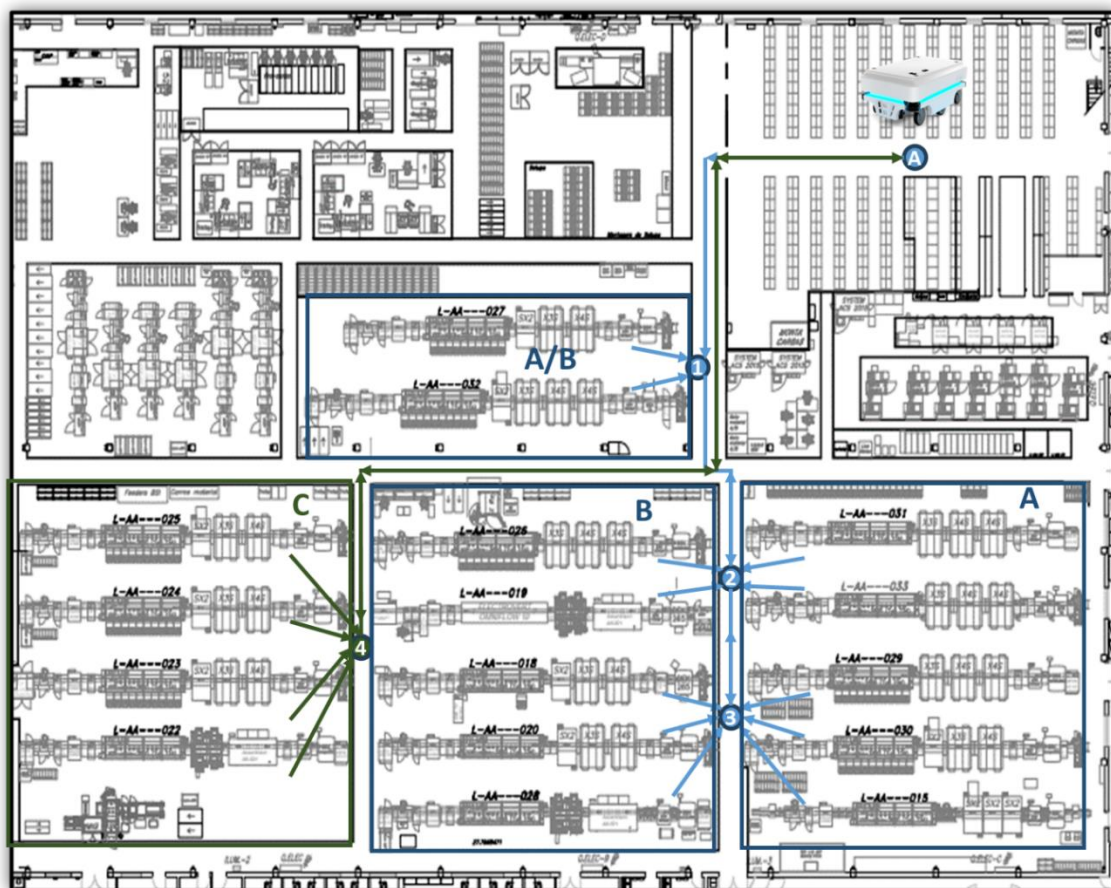


Figura 47: Ilustração do funcionamento da rota por pontos específicos

Cálculo do Tempo Total de Deslocamento

O tempo total da operação é calculado considerando diferentes fatores, descritos pela equação:

$$T_{total} = T_{normal} + T_{curvas} + T_{paragens} + T_{abastecer} + T_{variáveis}$$

Parâmetros Utilizados

- Velocidades:
 - Reta: 1,2 m/s
 - Curvas: 0,8 m/s
 - Paragens: 0,2 m/s

- Tempos de abastecimento (baseados no número de linhas atendidas por ponto):
 - 30 segundos para o primeiro ponto.
 - 90 segundos para o segundo ponto.
 - 120 segundos para o terceiro e quarto ponto.

Exemplo de Cálculo: Rota A/B

Dados da rota A/B:

- Distância total: 150 m.
- Curvas: 4 (distância total de 12 m).
- Paragens: 3 (distância total de 9 m).
- Abastecimentos: 3.
- Tempo de imprevistos: 20 s.
- Tempo de carregamento e descarregamento: 40 s.

Cálculos Detalhados:

1. Tempo em curvas:

$$T_{curvas} = \frac{\text{Distância nas curvas}}{\text{Velocidade nas curvas}} * \text{Número de curvas}$$

$$T_{curvas} = \frac{12}{0,8} = 15s$$

2. Tempo em paragens:

$$T_{paragens} = \frac{\text{Distância nas paragens}}{\text{Velocidade nas paragens}} * \text{Número de paragens}$$

$$T_{paragens} = \frac{9}{0,2} = 45s$$

3. Tempo de abastecimento:

$$T_{abastecer} = 30 + 90 + 120 = 240s$$

4. Tempo em retas:

$$T_{normal} = \frac{\text{Distância restante}}{\text{Velocidade normal}}$$

Distância restante: $150 - 12 - 9 = 129 \text{ m}$

$$T_{normal} = \frac{129}{1,2} = 108s$$

5. Tempo total da rota A/B:

$$T_{total A|B} = T_{normal} + T_{curvas} + T_{paragens} + T_{abastecer} \\ + T_{variáveis} + \text{Carregamento/Descarregamento}$$

$$T_{total A|B} = 15 + 45 + 240 + 108 + 20 + 40 = 468s \text{ (8 minutos)}$$

Exemplo de Cálculo: Rota C

Dados da rota C:

- Distância total: 200 m.
- Curvas: 6 (distância total de 18 m).
- Paragens: 1 (distância de 3 m).
- Abastecimentos: 1.

Cálculos Detalhados:

1. Tempo em curvas:

$$T_{curvas} = \frac{18}{0,8} = 22,5s$$

2. Tempo em paragens:

$$T_{paragens} = \frac{3}{0,2} = 15s$$

3. Tempo de abastecimento:

$$Tabastecer = 120s$$

4. Tempo em retas:

$$Distância restante = 200 - 18 - 3 = 179m$$

$$T_{normal} = \frac{179}{1,2} = 149s$$

5. Tempo total da rota C:

$$T_{totalC} = 22,5 + 15 + 120 + 149 + 20 = 327s \text{ (5 minutos)}$$

Tempo Total das Rotas

Somando os tempos de ambas as rotas:

$$T_{total} = T_{total A|B} + T_{totalC}$$

$$T_{total} = 468s + 327s = 855s \text{ (13,25 minutos)}$$

O robô realiza carregamento oportuno, estima-se que por cada 15 minutos de trabalho é necessário 1 minuto de carregamento.

Adicionando o tempo de carregamento do MiR:

$$T_{final} = 13,25 + 1 = 14,25 \text{ minutos}$$

O tempo total está dentro do limite estipulado de 20 minutos, mostrando viabilidade para a operação.

Desperdício nos deslocamentos dos colaboradores

Deslocamento total: 418 m (Soma dos deslocamentos até aos pontos de recolha e volta dos 16 colaboradores).

Velocidade do colaborador: 1 m/s.

Tempo de recolha de material por colaborador: 5 s.

Tempo de trabalho por Turno: 457 minutos.

Tempo total desperdiçado por turno

$$\left(418m * 1 \frac{m}{s} + (5s * 16)\right) * 3 * 8 = 11\,952\,s \text{ (199,2 minutos)}$$

Tempo desperdiçado por pessoa por turno

$$\frac{11\,952}{16} = 12 \text{ minutos por pessoa por turno}$$

Ocupação desperdiçada por turno

$$\frac{12 \text{ min} * 100\%}{457} = 2,7\%$$

2,7% da ocupação do colaborador são desperdiçados com deslocamentos.

Impacto Financeiro

- Custo anual por colaborador: 18.000 €.
- Ocupação desperdiçada com deslocamentos por colaborador por turno: 2,7%.
- Gasto por colaborador:

$$18000 * 0,027 = 486 \text{ €}$$

- Gasto total (16 colaboradores):

$$486 * 16 = 7776 \text{ €}$$

Custo atual do processo para os 16 colaboradores por turno: 19 104 €.

- Economia anual estimada:

$$19\,104 - 7776 = 11\,328 \text{ €}$$

A implementação desta rota reduz significativamente o desperdício de tempo e recursos, mantendo o tempo total de operação abaixo do limite estipulado. Além disso, proporciona economia financeira expressiva e melhora a eficiência dos colaboradores, que podem focar em atividades de maior valor agregado.

Desenho e Estrutura da Nova Solução

Foi desenvolvido, em colaboração com o departamento de engenharia da empresa, um novo design de carrinho que cumpre os requisitos do projeto e facilita o transporte automatizado de rolos. Este novo carrinho segue uma configuração de estante com três níveis (Figura 48):

- O primeiro nível é destinado ao armazenamento de dois rolos de maiores dimensões.
- O segundo nível é dedicado ao setor A.
- O terceiro nível é destinado ao setor B.

Esta configuração simplifica o processo de abastecimento e recolha de materiais, melhorando a eficiência geral das operações. Caso a solução seja implementada, alguns ajustes adicionais poderão ser feitos na estrutura para otimizar ainda mais o sistema. O desenho técnico da solução é apresentado mais ao detalhe no Anexo IV – Desenho técnico da estrutura para a rota de entrega por pontos.

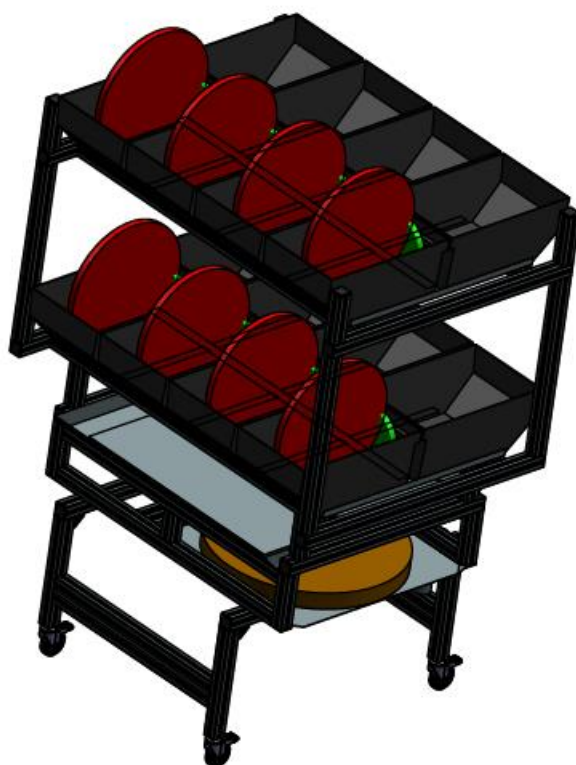


Figura 48: Carrinho MiR para a rota por pontos específicos

Vantagens da Solução

- Operação milk run eficiente: Transporte sincronizado de materiais e retorno de caixas vazias.
- Entrega "one touch": Simplifica a logística, eliminando múltiplas manipulações.
- Eliminação de identificação manual: Reduz erros e padroniza o processo.
- Standardização: Uso de caixas uniformes melhora a organização e rastreabilidade.
- Custos operacionais reduzidos: A eficiência do sistema minimiza gastos.

Desvantagens da Solução

- Deslocamentos residuais: Colaboradores de SMT ainda precisam de se mover para operar o sistema.
- Espaço adicional necessário: O novo sistema exige reorganização no armazém.
- Dependência de robôs: Falhas técnicas podem comprometer a operação planejada.

5.3.3.2. Rota 2 – Automatização total e *karakuri*

O método *Karakuri Kaizen*, combinado com robôs móveis como o MiR, otimiza o abastecimento das linhas de produção ao reduzir desperdícios e promover um transporte eficiente e sustentável. Essa abordagem utiliza mecanismos simples e automação para agilizar o fluxo de materiais.

De forma simplificada, a execução desta rota seguiria os seguintes passos:

1. O Colaborador 1, no armazém, realiza o picking do material e o posiciona na mesa de trabalho;
2. O Colaborador 2 identifica e organiza os materiais em caixas específicas;
3. O MiR com a estrutura fixa e acoplada dirige-se ao colaborador;

4. O Colaborador 2 retira as caixas vazias, coloca as caixas cheias na estrutura do MiR e atribui a missão ao robô;
5. O robô transporta as caixas até ao ponto de entrega designado;
6. No ponto de entrega, o sistema *karakuri* desacopla automaticamente as caixas cheias e carrega as vazias;
7. O robô retorna ao armazém para reiniciar o ciclo.

A Figura 49 apresenta um robô móvel (AMR) equipado com uma estrutura fixa e uma prateleira de transferência associada a um sistema *karakuri*. Este sistema utiliza mecanismos simples e gravidade para realizar a troca automatizada de caixas cheias e vazias, sem necessidade de energia elétrica. No ponto de entrega, as caixas cheias são descarregadas diretamente na prateleira enquanto as caixas vazias são simultaneamente carregadas no robô, ilustrando o princípio de eficiência e simplicidade do *karakuri kaizen*. Essa configuração elimina manipulações desnecessárias e melhora o fluxo de materiais no processo.



Figura 49: Exemplo ilustrativo de karakuri kaizen

Na Figura 50 é possível observar de uma forma intuitiva o funcionamento desta rota.

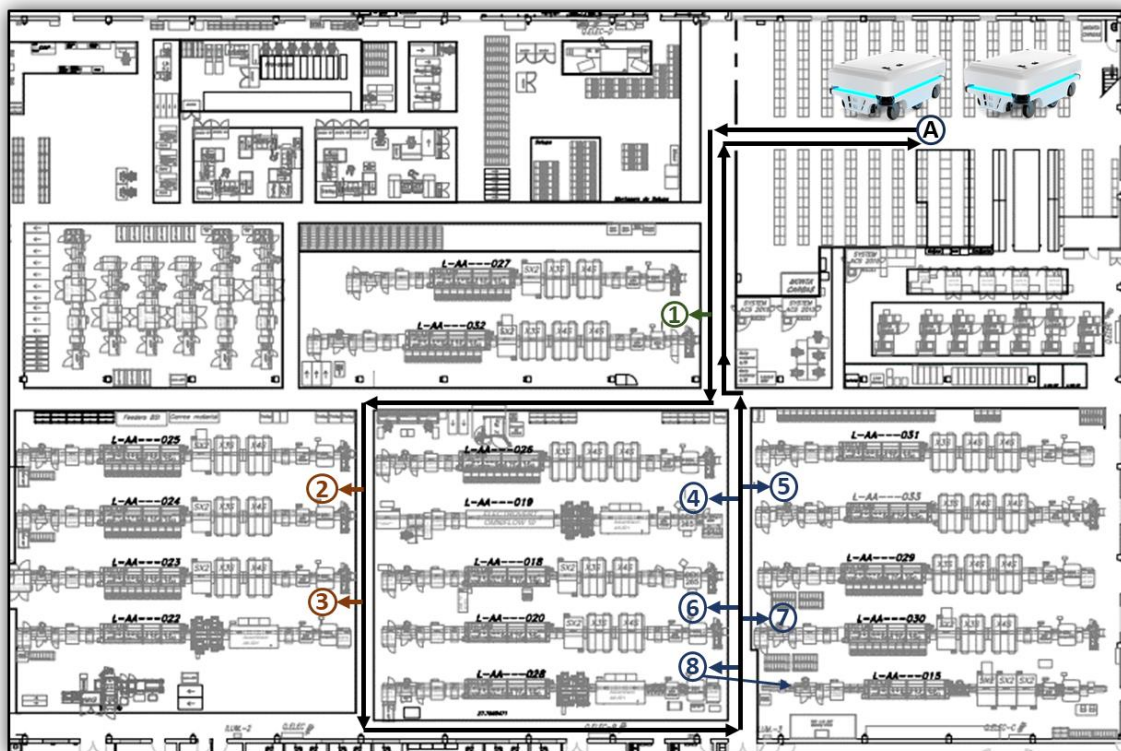


Figura 50: Funcionamento da rota karakuri

Cálculo dos Tempos de Entrega

O tempo total da rota é determinado pela fórmula:

$$T_{total} = T_{curvas} + T_{paragens} + T_{normal} + T_{abastecer} + T_{variáveis}$$

Os valores considerados para este cálculo são:

Parâmetros Utilizados

- Velocidades:
 - Reta: 1,2 m/s.
 - Curvas: 0,8 m/s.
 - Paragens: 0,2 m/s.
- Tempo de abastecimento: 20 s.
- Tempo de carga/descarga: 25 s.

- Tempo das variáveis: 20 s.
- Dados da rota:
 - Distância total da rota: 171,3 m.
 - Curvas: 6 (Distância total de 18 m).
 - Paragens: 1 (Distância total de 3 m).

Cálculo Parcial

1. Tempo nas curvas:

$$T_{curvas} = \frac{\text{Distância total nas curvas}}{\text{Velocidade nas curvas}} = \frac{18}{0,8} = 22,5 \text{ s}$$

2. Tempo nas paragens:

$$T_{paragens} = \frac{\text{Distância nas paragens}}{\text{Velocidade nas paragens}} = \frac{3}{0,2} = 15 \text{ s}$$

3. Tempo de deslocamento normal:

$$T_{normal} = \frac{\text{Distância reta restante}}{\text{Velocidade normal}} = \frac{171,3 - (6 * 3) - 3}{1,2} = 125 \text{ s}$$

Tempo Total da Rota para um ponto de entrega

$$T_{total} = T_{curvas} + T_{paragens} + T_{normal} + T_{abastecer} + T_{variáveis}$$

$$T_{total} = 22,5 + 15 + 125 + 20 + 20 = 202,5 \text{ s (3,4 minutos por rota)}$$

Capacidade e Operação com Dois MiRs

Para atender à necessidade de todas as linhas, o MiR tem de realizar a rota 8 vezes para abastecer os 8 pontos existentes. Considerando o tempo total de operação por robô:

$$T_{total_{1MiR}} = 202,5 * 8 = 1620 \text{ s (27 minutos)}$$

Com dois MiRs a operar em paralelo:

$$T_{total_{2MiR}} = \frac{1620}{2} = 810 \text{ s (13,5 minutos)}$$

Adicionando 1 minuto pelo carregamento oportuno:

$$T_{final} = 13,5 + 1 = 14,5 \text{ minutos}$$

O tempo total está dentro do limite estipulado de 20 minutos, mostrando viabilidade para a operação com dois MiR.

Desperdício nos deslocamentos dos colaboradores

Deslocamento total: 326 m (Soma dos deslocamentos até aos pontos de recolha e volta dos 16 colaboradores).

Velocidade do colaborador: 1 m/s.

Tempo de recolha de material por colaborador: 5 s.

Tempo de trabalho por Turno: 457 minutos.

Tempo total desperdiçado por turno

$$\left(326m * 1 \frac{m}{s} + (5s * 16) \right) * 3 * 8 = 9744 s (162,4 \text{ minutos})$$

Tempo desperdiçado por pessoa por turno

$$\frac{162,4}{16} = 10 \text{ minutos por pessoa por turno}$$

Ocupação desperdiçada por turno

$$\frac{10 \text{ min} * 100\%}{457} = 2,2\%$$

2,2% da ocupação do colaborador são desperdiçados com deslocamentos.

Impacto Financeiro

- Custo anual por colaborador: 18.000 €.
- Ocupação desperdiçada com deslocamentos por colaborador por turno: 2,2%.

- Gasto por colaborador:

$$18000 * 0,022 = 396 \text{ €}$$

- Gasto total (16 colaboradores):

$$396 * 16 = 6336 \text{ €}$$

Custo atual do processo para os 16 colaboradores por turno: 19 104 €.

- Economia anual estimada:

$$19\ 104 - 6336 = 12\ 768 \text{ €}$$

Vantagens da solução:

- Redução do desperdício: Colaboradores podem focar em tarefas de maior valor.
- Automatização completa: Entregas diretas e precisas.
- Melhoria ergonômica: Menor esforço físico para os colaboradores.

Desvantagens da solução:

- Elevado investimento inicial: Aquisição de robôs e infraestrutura.
- Espaço adicional necessário: Para integração do sistema no armazém.

A implementação da Rota *Karakuri* adaptada aos MiR é uma solução eficiente e sustentável. Apesar do investimento inicial, os benefícios em termos de economia de tempo e redução de desperdícios fazem com que seja uma possibilidade viável, garantindo um processo de abastecimento inteligente e otimizado.

5.3.3.3. Rota 3 – *Mizusumashi* e comboio logístico

Um dos grandes problemas com as rotas apresentadas anteriormente é que todas estão dependentes do desempenho de um equipamento autónomo, neste caso o MiR. Devido á ainda elevada falta de fiabilidade por parte de um equipamento deste tipo, foi estudada outra possibilidade utilizando um equipamento conduzido por mão humana, o comboio logístico.

O termo *mizusumashi*, que em japonês faz referência a um "inseto d'água" que se move agilmente entre locais, simboliza o papel deste operador logístico responsável pela rota: mover-se de forma ágil e constante entre os armazéns e as estações de trabalho, reabastecendo as linhas conforme a necessidade (Figura 51). Já o comboio logístico refere-se ao transporte estruturado de materiais utilizando um veículo que segue uma rota fixa, atrelado a carruagens e prateleiras de transporte (Figura 51).

Esta abordagem permite que as estações de trabalho recebam apenas os materiais e componentes necessários, no momento certo, evitando excessos de stock, desperdício de tempo e interrupções na produção.



Figura 51: Comboio logístico e *Mizusumashi*

Semelhante ao ilustrado na Figura 51, o comboio logístico será composto por um ou mais *trolleys*, evitando, assim, a necessidade de uma estrutura de grandes dimensões que exigiria alterações significativas e dispendiosas no layout. A utilização de múltiplos *trolleys* também permite a separação por diferentes tipologias de material a transportar.

Funcionamento da Rota

A operação segue os passos abaixo:

1. No armazém, os trolleys são carregados com os materiais e acoplados ao comboio logístico.
2. O Mizusumashi conduz o comboio pela rota definida, parando nos pontos de entrega.
3. Nos pontos de paragem, o operador descarrega as caixas nos postos de trabalho e recolhe as caixas vazias.
4. O processo é repetido para todos os pontos da rota.
5. Ao final, o comboio retorna ao armazém com os trolleys vazios, prontos para nova carga.

Desta forma, otimiza-se o transporte de material sem a necessidade de grandes intervenções no layout da fábrica. Na Figura 52 está representado o funcionamento da rota executada por este processo de abastecimento aqui apresentado.

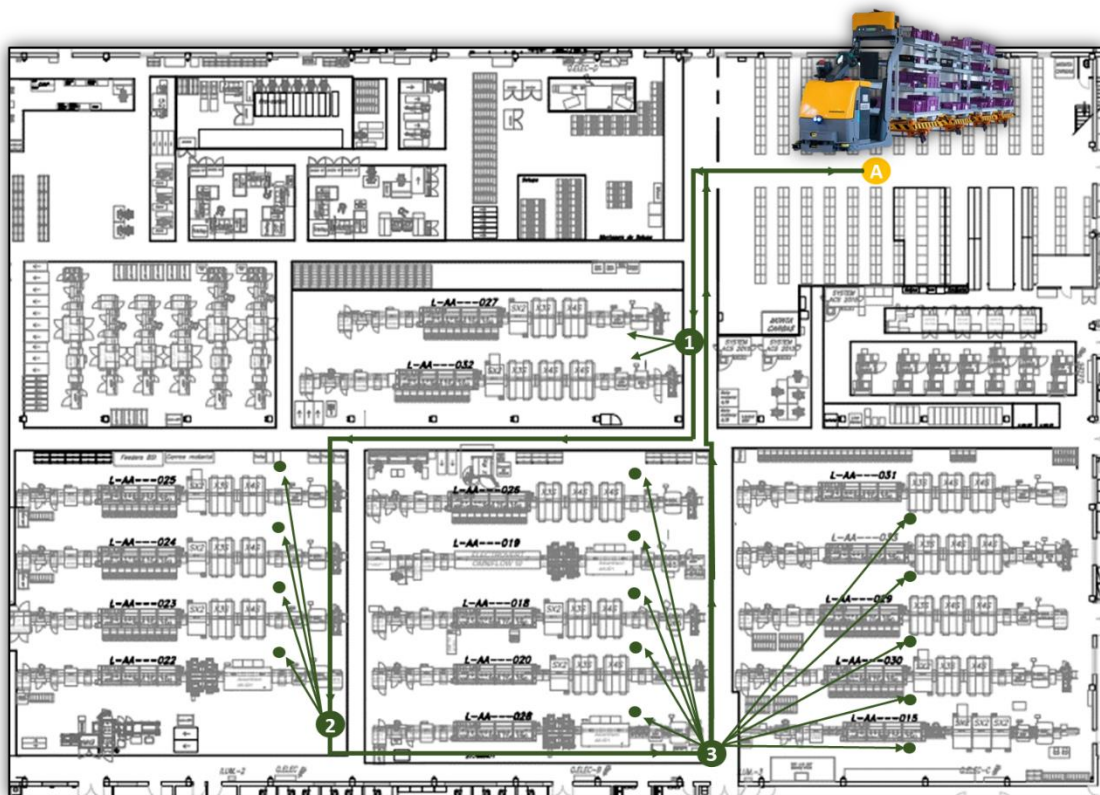


Figura 52: Funcionamento da rota pelo Mizusumashi

De acordo com (Coimbra, 2013) são necessários os seguintes passos para Implementação do *Mizusumashi*:

1. Listar todas as tarefas que o *Mizusumashi* deverá realizar;

2. Estimar o tempo necessário para a execução de cada tarefa;
3. Traçar uma rota no layout da fábrica, com ponto inicial e final no mesmo local;
4. Identificar os pontos de paragem ao longo da rota;
5. Construir e testar um protótipo, garantindo sua segurança e estabilidade;
6. Selecionar o operador mais qualificado para desempenhar a função de *Mizusumashi*, considerando que o sucesso do sistema depende do desempenho deste operador;
7. Testar o sistema durante quatro a cinco dias, monitorando os tempos e eliminando desperdícios;
8. Definir o padrão final do *Mizusumashi*;
9. Acompanhar e treinar o operador por pelo menos 20 dias, garantindo que o padrão operacional seja mantido como rotina.

Esta metodologia visa assegurar a eficiência do *Mizusumashi* na logística interna da fábrica, contribuindo para um fluxo de produção mais ágil e menos suscetível a interrupções.

Cálculo do tempo total da rota

Neste caso específico, os cálculos para o tempo total de entrega da rota são efetuados de forma ligeiramente diferente, pois é necessário considerar outras variáveis associadas às atividades desempenhadas pelo colaborador que realiza o abastecimento de material às linhas de produção. Os *headers* são outro tipo de material a ser entregue às linhas, que também seria feito através do *Mizusumashi*.

A fórmula para o cálculo do tempo total da rota do comboio logístico é dada por:

$$T_{total} = T_{normal} + T_{curvas} + T_{paragens} + T_{abastecer} + T_{mudança} + Variáveis$$

Parâmetros da Rota:

- Velocidade normal: 1 m/s (para os trajetos retos);
- Velocidade nas curvas: 0,8 m/s (redução devido à mudança de direção);
- Velocidade nas paragens: 0,5 m/s (movimento mais lento durante as paragens);
- Tempo de abastecimento: 20 s (por cada abastecimento);
- Tempo de carga e descarga: 30 s (tempo necessário para mudar de trolleys);

- Número de curvas: 6
- Número de paragens: 4 (paragens em posições centrais que permitam o abastecimento de diversas linhas)
- Número de abastecimentos: 16
- Número de *trolleys*: 2
- Número de headers: 1
- Distância total a percorrer: 210,0 m
- Distância por curva: 3 m
- Distância entre pontos de abastecimento: 10 m
- Distância entre paragens: 3 m

Cálculo dos Tempos:

1. Tempo nas curvas:

$$T_{curvas} = \frac{\text{Distância das curvas}}{\text{Velocidade nas curvas}} = \frac{6 * 3}{0,8} = 22,5 \text{ s}$$

2. Tempo nas paragens:

$$T_{paragens} = \frac{4 * 3}{0,5} = 24 \text{ s}$$

3. Tempo de abastecimento:

$$T_{abastecer} = 17 \text{ abastecimentos} * 20 \text{ s} = 340 \text{ s}$$

4. Tempo de mudança de carrinho:

$$T_{mudança} = 30 * 2 = 60 \text{ s}$$

5. Tempo de deslocamento normal:

$$T_{normal} = \frac{\text{Distância restante}}{\text{Velocidade normal}} = \frac{210 - ((6 * 3) + (4 * 3))}{1} = 180 \text{ s}$$

7. **Tempo para variáveis** (inclui fatores inesperados como obstáculos ou pausas):

$$T_{\text{variáveis}} = 20 \text{ s}$$

Tempo Total da Rota:

$$T_{\text{total}} = T_{\text{normal}} + T_{\text{curvas}} + T_{\text{paragens}} + T_{\text{abastecer}} + T_{\text{transferência}} + \text{Variáveis}$$

$$T_{\text{total}} = 180 + 22,5 + 24 + 320 + 60 + 20 = 626,5 \text{ s (10,5 minutos)}$$

Com esta configuração, através da rota Mizusumashi, é possível cumprir o tempo total da rota em aproximadamente 11 minutos.

Desperdício no Deslocamento dos Colaboradores de SMT

Esta solução de utilização do comboio logístico tem a vantagem de eliminar por completo a necessidade de deslocamentos dos colaboradores da SMT para recolher ou entregar materiais. Para a implementação desta rota, seria apenas necessário disponibilizar uma pequena mesa de apoio junto ao posto de trabalho para a troca de caixas cheias e vazias.

- **Distância total percorrida pelos colaboradores:** 0 m
- **Tempo desperdiçado por turno:** 0 minutos
- **Impacto na ocupação:** 0%

Impacto Financeiro:

A implementação desta solução apresenta uma economia anual significativa para a empresa.

- A eliminação dos deslocamentos proporciona uma poupança anual de **19 104 €**.

No entanto, é importante considerar que esta rota exige a alocação de um colaborador exclusivamente dedicado a operar o comboio logístico. Após uma análise preliminar das atividades no armazém, verificou-se que a gestão de recursos sem a contratação de um novo colaborador poderá ser um desafio.

- Nova contratação significa um custo de **18 000 €** anuais para a empresa.

Ainda que seja possível reaproveitar um colaborador existente, a necessidade de contratação adicional representa um ponto negativo em termos de viabilidade. Somente através de testes práticos será possível avaliar com precisão esta questão.

Vantagens da Solução:

- Eficiência no *milk run*: Elimina completamente a necessidade de movimentação dos colaboradores de SMT para tarefas logísticas.
- *One touch delivery* garantido: Entrega direta ao posto de trabalho.
- Standardização no transporte e identificação: Utilização de caixas padronizadas para todo o processo logístico.
- Elevada fiabilidade: Solução robusta, com menor dependência de equipamentos automatizados.

Desvantagens da Solução:

- Aumento do espaço de trabalho necessário no armazém: A introdução do comboio logístico exige mais espaço para circulação e manuseamento.
- Investimento inicial e custos de manutenção: Embora eficiente, a implementação inicial e a manutenção contínua do equipamento representam um custo a longo prazo.
- Impacto no layout: O espaço disponível para a operação do comboio logístico deverá ser cuidadosamente planeado.
- Necessidade de um colaborador dedicado: Esta solução exige um colaborador exclusivamente responsável pela execução da rota, o que pode implicar a contratação de novos recursos.
- Automatização limitada: A rota não é totalmente automatizada, ao contrário de soluções que utilizam robôs móveis, o que implica um maior envolvimento humano.

5.3.3.4. Análise comparativa entre as rotas

Para avaliar a aplicabilidade de cada solução no contexto da empresa em questão, será utilizado um modelo de avaliação baseado em critérios relevantes, como custo de implementação, custo operacional, *milk run* eficiente, velocidade de entrega, fiabilidade e redução de erros, segurança e sustentabilidade.

Nesta análise comparativa, serão atribuídos diferentes pesos aos critérios de acordo com a sua importância para o sucesso da operação. A solução que apresentar o melhor desempenho, de acordo com este modelo de avaliação, será selecionada como a mais adequada ao caso de estudo. Assim, o objetivo final é identificar a rota de abastecimento que melhor atende às necessidades específicas da produção automóvel, maximizando a eficiência e a sustentabilidade logística.

Os critérios devem refletir os fatores mais importantes para a escolha da melhor solução. Tais como:

- **Custo de Implementação:** Inclui o investimento inicial, custo de instalação e integração dos sistemas na linha de produção.
- **Custo Operacional:** Custos contínuos como manutenção, energia, salários (no caso do *mizusumashi* humano), e despesas gerais.
- ***Milk run* ideal:** Capacidade da solução em garantir um *milk run* ideal, levando cheio e trazendo o vazio, não permitir acumulações de material no local e mitigando deslocamentos por parte dos colaboradores de SMT.
- **Velocidade de Entrega:** Tempo necessário para completar uma rota de entrega.
- **Fiabilidade e redução de erros:** Probabilidade de erros ou falhas no processo de entrega, como as interrupções no transporte ou falhas críticas de equipamento.
- **Segurança:** Impacto na segurança dos trabalhadores e na redução de acidentes.
- **Sustentabilidade:** Eficiência energética e impacto ambiental.

Nem todos os critérios terão a mesma importância, portanto, é necessário atribuir pesos diferentes a cada um. Uma forma comum de fazer isso é utilizar uma escala percentual, de forma que a soma total dos pesos seja 100%.

Com os pesos definidos, as soluções serão pontuadas para cada critério usando uma escala numérica, como de 1 a 5 (onde 5 é o mais favorável).

Multiplicando a pontuação de cada solução pelo peso correspondente podemos obter uma pontuação ponderada para cada critério. Depois, soma-se as pontuações ponderadas para obter uma pontuação total para cada solução (Tabela 4).

A solução que tiver a maior pontuação total será aquela que, de acordo com os critérios definidos e seus pesos, é a mais adequada para a empresa. No entanto, a análise para a empresa deverá ir além dos números: é importante considerar possíveis compromissos e a viabilidade de implementação de cada solução.

Esta análise comparativa foi desenvolvida com base nas percepções adquiridas em reuniões onde estas soluções foram debatidas, em conversas com membros da chefia e do desenvolvimento das propostas, e na identificação dos fatores valorizados pela empresa no momento. Esse entendimento permitiu estruturar a tabela ponderada, refletindo os critérios e pesos mais relevantes para o sucesso da operação no contexto analisado.

Tabela 4: Pontuação ponderada das diversas rotas

Critério	Peso (%)	1. AMR entrega em pontos específicos (Pontuação)	2. Mizusumashi (Pontuação)	3. AMR karakuri (Pontuação)
Custo de Implementação	20%	4	2	1
Custo Operacional	15%	4	1	3
Milk run eficiente	20%	2	5	4
Velocidade de Entrega	10%	4	5	4
Fiabilidade e Redução de Erros	20%	3	5	3
Segurança	10%	4	5	3
Sustentabilidade	5%	4	3	4
Pontuação ponderada		3,4	3,7	2,95

- **Análise dos critérios e consequentes pesos**

Como demonstrado na Tabela 4, foram selecionados sete critérios com diferentes pesos para avaliar as três rotas em estudo. Os pesos atribuídos refletem as prioridades logísticas da APTIV, levando em conta suas necessidades e preocupações.

Os critérios mais relevantes são: custo de implementação, realização de um *milk run* eficiente e a fiabilidade/redução de erros. O custo de implementação é crucial devido à política da empresa de retorno de investimento em até 1 ano e meio, o que exige soluções com baixo custo para serem aprovadas. O *milk run* é fundamental para a logística interna, pois garante a entrega de material à produção sem necessidade de deslocamento por parte dos operadores, maximizando a eficiência produtiva. Já a fiabilidade e a redução de erros são primordiais, uma vez que a rota atual, que utiliza o MiR 100, enfrenta problemas devido à movimentação intensa dos colaboradores e cargas, afetando o desempenho do robô. Dado que não é possível criar uma área exclusiva para os robôs, a empresa valoriza mais soluções de transporte não autônomas, embora isso represente um retrocesso em termos de automação industrial.

A velocidade de entrega, por estar dentro dos padrões desejados em todas as rotas, tem menor peso na avaliação. Por outro lado, o custo operacional é relevante, pois representa um gasto contínuo que a empresa terá ao longo do tempo.

- **Pontuação atribuída**

É importante destacar os fundamentos das pontuações atribuídas às diferentes soluções.

Há uma grande variação nos custos entre elas. A solução com o sistema *karakuri* envolve um investimento significativo, exigindo a compra de um novo robô, quatro carrinhos para o MiR e oito estruturas fixas nas linhas de produção, o que torna o retorno de investimento inviável no curto prazo. Já a solução *mizusumashi*, embora tenha um custo operacional elevado devido à necessidade de um operador dedicado, requer um investimento inicial menor, com a aquisição de um comboio logístico e quatro trolleys, justificando a pontuação de 2. Por outro lado, a rota por pontos específicos de entrega tem um custo inicial muito mais reduzido, sendo necessário apenas adaptar ou reformular os carrinhos.

O critério do *milk run* eficiente já foi abordado, e todas as soluções cumprem o objetivo de levar caixas cheias e trazer as vazias. Contudo, a pontuação favorece a solução que exige menor deslocamento dos colaboradores da produção.

Em relação à fiabilidade, embora as soluções com MiR tenham um bom desempenho, o *mizusumashi*, operado por uma pessoa, apresenta menos erros, paragens e falhas, garantindo maior confiabilidade.

No geral, a solução *mizusumashi* obteve a maior pontuação ponderada, com 3,7, sendo a mais adequada para implementação. No entanto, se for priorizada uma solução de menor custo e alinhada à automação, a rota por pontos específicos também se destaca, com uma pontuação de 3,4.

5.4. Conclusão e trabalhos futuros

5.4.1. Conclusão

Ao longo deste projeto, foi realizada uma análise abrangente das rotas logísticas no edifício 1, operadas pelo robô MiR 100, com o objetivo de otimizar os processos de entrega de materiais. O estudo focou-se na identificação dos problemas que afetam a eficiência das operações, nomeadamente os desperdícios de tempo e recursos causados pela falta de um sistema de *milk run* adequado.

Os resultados mostraram que o sistema atual obriga os colaboradores de SMT a recolherem o material em pontos fixos, resultando em desperdícios significativos, tanto em termos de tempo como de custo. A falta de um *milk run* eficiente não só prolonga os tempos de deslocamento como também afeta a produtividade, com uma perda anual estimada em 19 104 euros, além de 6,6% do tempo de trabalho diário dedicado a atividades não produtivas.

Foram propostas três rotas alternativas para melhorar este processo: (1) rota de entrega por pontos específicos, (2) automatização total com dois robôs MiR, e (3) utilização do comboio logístico através do *Mizusumashi*. A análise comparativa destas soluções, baseada em critérios como custo de implementação, custo operacional, eficiência do *milk run*, fiabilidade, e segurança, demonstrou que a solução do *Mizusumashi* oferece uma maior redução de desperdícios e

eficiência logística, sendo a única que elimina completamente os deslocamentos dos colaboradores da SMT.

Embora a rota *Mizusumashi* tenha-se mostrado a mais promissora em termos de eficiência, é importante considerar os desafios associados à sua implementação, nomeadamente a necessidade de alocação de recursos humanos específicos, o que pode representar uma limitação, especialmente sem a contratação de novos colaboradores.

5.4.2. Trabalhos Futuros

Apesar dos avanços alcançados com a implementação das rotas propostas, há ainda áreas de melhoria e oportunidades para expandir a investigação e otimização dos processos logísticos:

1. **Implementação e Validação em Ambiente Real:** Os resultados deste estudo são baseados em simulações e cálculos teóricos. A próxima fase deverá envolver a implementação real das rotas propostas no ambiente de produção, com monitorização contínua dos indicadores de desempenho para validar os ganhos de eficiência e os benefícios financeiros estimados.
2. **Aperfeiçoamento do Design do Trolley:** Embora tenham sido feitas melhorias no design do carrinho de transporte, há potencial para desenvolver um sistema mais modular e adaptável, que permita ajustar-se automaticamente ao tipo e quantidade de material a ser transportado. Isto garantiria uma maior flexibilidade nas operações logísticas e evitaria a subutilização do espaço disponível.
3. **Sustentabilidade e Eficiência Energética:** O impacto ambiental das operações logísticas deve ser continuamente analisado. Investir em soluções de mobilidade elétrica de baixa emissão e na integração de fontes de energia renováveis no sistema de transporte poderia alinhar as operações com os objetivos de sustentabilidade da empresa, reduzindo a pegada de carbono e otimizando o consumo energético.
4. **Análise do Impacto Humano e Organizacional:** Embora o foco tenha sido a otimização técnica, é importante avaliar como as mudanças propostas afetam a força de trabalho. Estudos futuros poderiam incluir uma análise mais detalhada sobre a adaptação dos

colaboradores às novas rotas e tecnologias, identificando oportunidades para formação e desenvolvimento de novas competências.

Com estas sugestões, espera-se que a empresa continue a evoluir na direção de processos logísticos mais eficientes, sustentáveis e alinhados com os princípios do *Lean 4.0*, mantendo-se competitiva no mercado global.

6. Projeto 2

Semelhante ao Projeto 1, este projeto também se foca na logística interna do edifício 2, com a implementação de um equipamento autónomo, o MiR 500 EU pallet lift. Este robô móvel (AMR) é capaz de transportar cargas de até 500 kg, sendo adaptado ao manuseamento de paletes. O projeto surge numa fase de transição, com a instalação de novas linhas de SMT, exigindo a criação de um fluxo regular de entrega de materiais, algo inexistente até então. Para atender a essa necessidade, foi planeado um novo armazém de rolos SMT.

Diferente do Projeto 1, cujo foco era melhorar rotas de transporte, este projeto visa otimizar ao máximo a utilização do MiR 500, garantindo que ele atinja sua capacidade total de transporte, agregando valor à empresa.

O desenvolvimento deste projeto será descrito conforme a seguinte estrutura:

1. Apresentação das áreas relevantes para as rotas de entrega de materiais.
2. Análise dos objetivos, problemas identificados e pontos a melhorar.
3. Descrição do trabalho realizado e propostas para atingir os objetivos.
4. Conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

6.1. Áreas e funcionamento

Neste ponto, será apresentada uma explicação detalhada sobre as áreas relacionadas à receção e ao abastecimento de materiais no edifício 2, que são fundamentais para o funcionamento do

MiR. Conforme ilustrado na Figura 53, o edifício conta com quatro áreas de armazenamento, denominadas "SKs" (*supermarkets*) pela empresa. Esses locais são responsáveis por atender às necessidades da produção, e o transporte de materiais entre as áreas é realizado pelo robô autônomo ou, em alguns casos, por um colaborador designado como "colaborador da rota externa". Este projeto foca especificamente nessas movimentações internas de materiais.

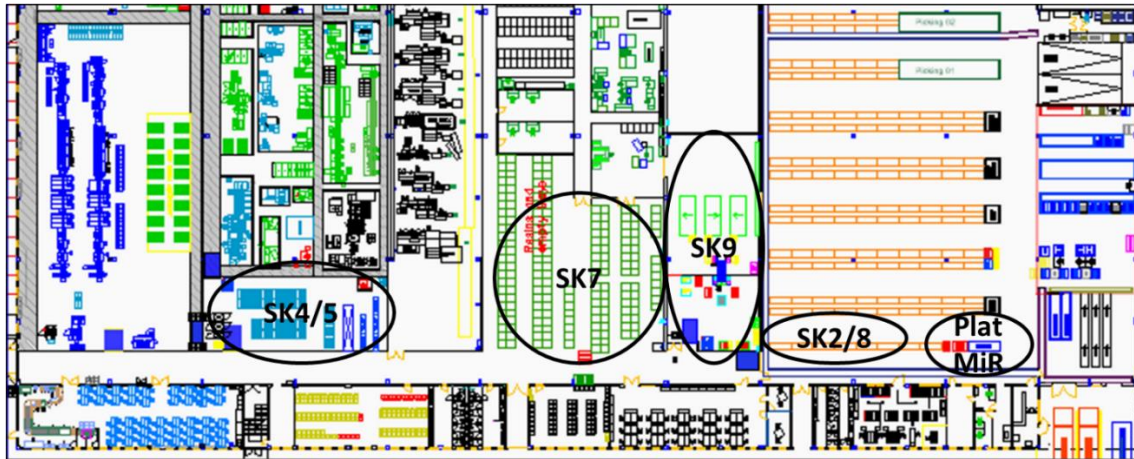


Figura 53: Áreas de trabalho rota interna ed_2

- **Plataformas MiR**

A área das plataformas do MiR, identificada na Figura 53 como "Plat MiR", é onde ocorre a maior parte das recepções e abastecimentos realizados pelo robô. Como mostrado na Figura 54, o local possui três plataformas fixas: duas destinadas ao envio de material para os supermercados (SKs) e uma para a recepção de material. A gestão do material recebido nos SKs é feita pelos colaboradores de armazém, que, ao identificar as necessidades, utilizam o empilhador para posicionar a paleta de material na plataforma correspondente. Após a paleta estar no local, a missão é atribuída ao robô. O processo de atribuição de missões será detalhado na explicação das rotas de entrega.



Figura 54: Área de plataformas do MiR

- **SK2/8 – supermercado 2 & supermercado 8**

A área "SK2/8", assim como a área das plataformas do MiR, serve como ponto de referência para as rotas do colaborador externo. É neste local que o colaborador recolhe as paletes com material para suas rotas ou deposita material destinado ao edifício 1. A gestão do abastecimento deste ponto, assim como nas plataformas do MiR, é realizada pelos colaboradores do armazém. O local é dividido em duas zonas: a zona "in", onde é colocado o material de entrada para abastecimento do edifício 2, e a zona "out", onde o colaborador externo deposita material destinado a áreas externas do edifício (Figura 55).



Figura 55: SK2/8

- **SK9 – Labeling e armazém**

O supermercado 9 é a nova área de armazenamento de rolos para SMT no edifício 2, atendendo a toda a necessidade de material para as linhas deste edifício e uma parte significativa do edifício 1. Trata-se de uma área em constante expansão, com grandes perspectivas de crescimento em termos de armazenamento de materiais para SMT.

Esta instalação é composta por duas zonas interligadas, cada uma com requisitos de limpeza técnica distintos (Figura 56). A primeira zona, um CG1, é dedicada exclusivamente à recepção e abertura de caixas. A segunda zona é um CG2, destinado ao armazenamento, que possui elevados padrões de limpeza técnica.

Na Figura 56, pode-se observar o funcionamento deste posto de trabalho, que envolve três colaboradores: o colaborador da rota externa, o colaborador responsável pela etiquetagem (*Labelling*) e o colaborador encarregado da abertura de caixas e abastecimento do *conveyor*. Compreender as funções de cada um desses colaboradores é crucial para o desenvolvimento deste projeto.

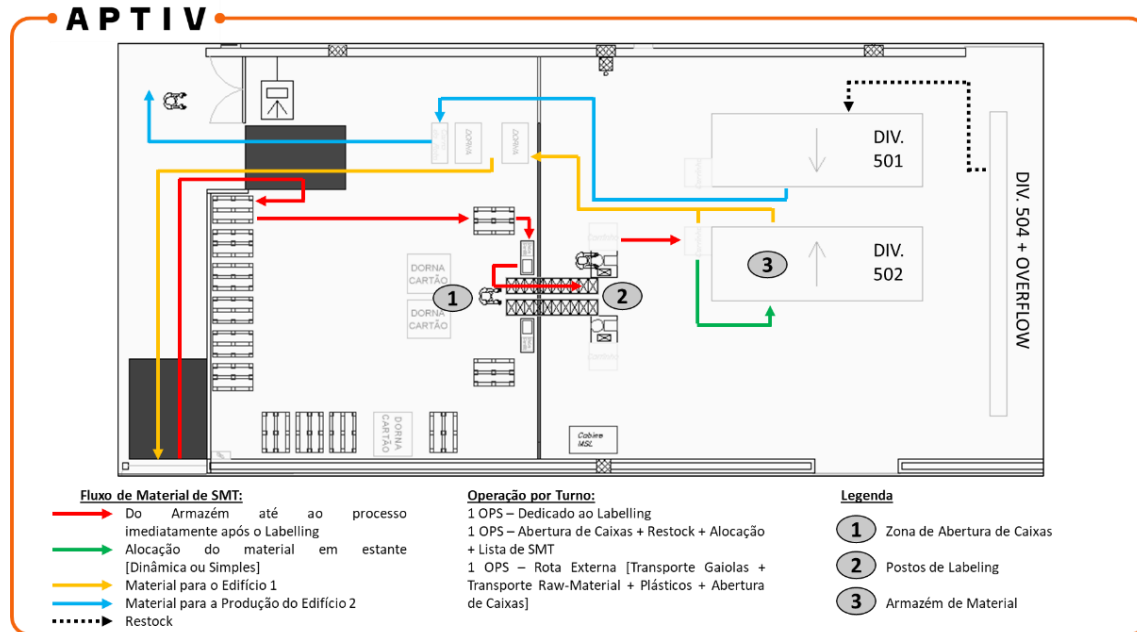


Figura 56: Funcionamento do SK9

1. Colaborador que abastece o *conveyor*

O trabalho deste colaborador divide-se nas seguintes tarefas (Figura 57):

1. Colocar palete com *Raw* material no devido local perto da bancada;
2. Abrir caixas e alimentar o *conveyor*;
3. Tirar lista para o Sk4 (cerca de 20 materiais por hora);
4. Recolhe o carrinho para abastecer as dornas (caixas ESD colapsáveis encarregues de transportar material entre edifícios).
5. Recolhe carrinho para abastecer as estantes no Ed2.
6. Volta para o local a vir alimentar o *conveyor*.

Uma vez por dia este também faz a alocação do material dado como “ok” pela qualidade nas estantes.

Este fluxograma desenvolvido está apresentado com mais detalhe no Anexo I – Fluxograma do colaborador de abastecimento do *conveyor*.

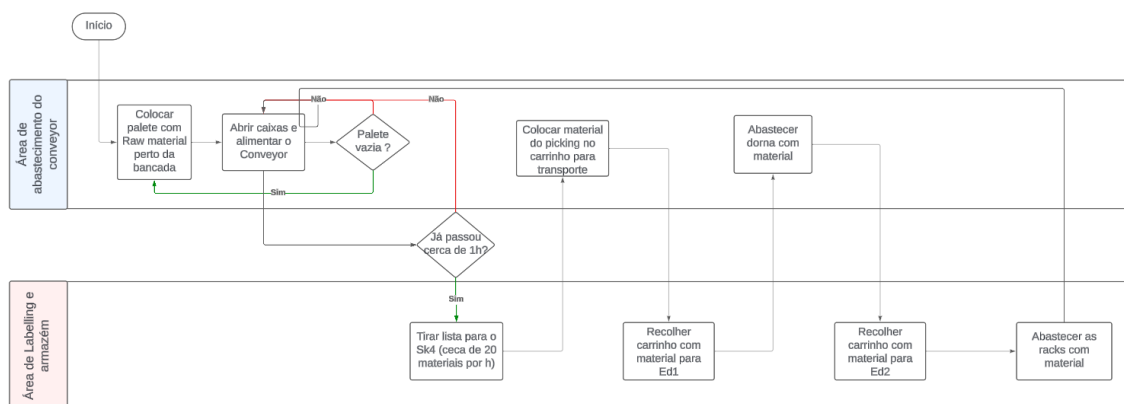


Figura 57: Fluxo de trabalho do colaborador do Labelling

2. Colaborador do Labelling

O colaborador responsável pelo processo de etiquetagem (*Labelling*) tem como principal função identificar e organizar os rolos de material nas caixas correspondentes. Esta função é realizada ao final do sistema de transporte (*conveyor*), onde está posicionado o posto de trabalho dedicado à tarefa (Figura 58). O colaborador começa por realizar o *picking* da guia que acompanha o material na caixa e, em seguida, procede à etiquetagem individual de cada rolo, gerando uma etiqueta única que identifica o rolo e o seu destino.

Durante este processo, é possível identificar a qual edifício cada número de peça (*part number*) pertence, permitindo a separação adequada dos rolos nas caixas designadas. Quando os carrinhos próximos ao colaborador estão cheios, outro colaborador responsável pelo abastecimento do *conveyor* recolhe o material, seja para colocá-lo na dorna (caso seja diretamente destinado ao edifício 1) ou para alocá-lo nas estantes (destinado ao edifício 2 ou futuramente edifício 1).



Figura 58: Conveyor abastecido com material

3. Colaborador externo

Como ilustrado na Figura 56, o operador da rota externa é responsável pelo abastecimento de três áreas distintas: eletrônica, plásticos e etiquetagem. Este colaborador assegura o fornecimento contínuo de materiais como gaiolas, plásticos, rolos e dornas para essas áreas.

Após estabilizar a rota e garantir que todos os pontos foram devidamente abastecidos, o operador auxilia na área de etiquetagem, onde desempenha tarefas como a abertura de caixas e o abastecimento do *conveyor*. Isso contribui para manter um fluxo constante de materiais, essencial para atingir as metas diárias de armazenamento e consumo.

A rota detalhada deste colaborador será descrita na seção seguinte.

- **SK7 – Plásticos**

O supermercado dos plásticos já abordado no ponto 3.6 deste documento funciona como uma área de abastecimento, armazenamento e envio de materiais plásticos. No que toca à rota interna é importante mencionar que este local possui duas plataformas para o MiR, uma carga e outra para descarga de material (Figura 59). O manuseamento das cargas e gestão do espaço neste supermercado é feito pelo colaborador da rota externa.



Figura 59: Plataforma área dos plásticos

- **Sk4/5 – Supermercado da eletrónica**

O último supermercado analisado é o da eletrónica, uma área ampla dedicada ao armazenamento de todo o material destinado ao consumo iminente nas operações produtivas do edifício 2, abrangendo SMT, projetos CBA e a montagem final.

Atualmente, este local conta com apenas uma plataforma destinada à descarga de materiais transportados pelo robô móvel. No entanto, ainda há uma dependência significativa de transporte manual para suprir as necessidades de abastecimento deste espaço.

6.2. Rotas de entrega

Para este caso de estudo temos duas rotas a ser efetuadas que foram alvo de análise e estudo para consequente apresentação de propostas de melhoria. A rota realizada pelo robô MiR 500 e a rota feita pelo colaborador da rota externa.

Neste ponto são apresentados os trabalhos para a realização destas rotas, e nos pontos de seguida é feita uma análise crítica ao estado atual salientando qual o objetivo a atingir com este projeto no edifício 2.

6.2.1. Rota do MiR 500

A Figura 60 representa as movimentações e pontos de recolha e abastecimento do MiR.

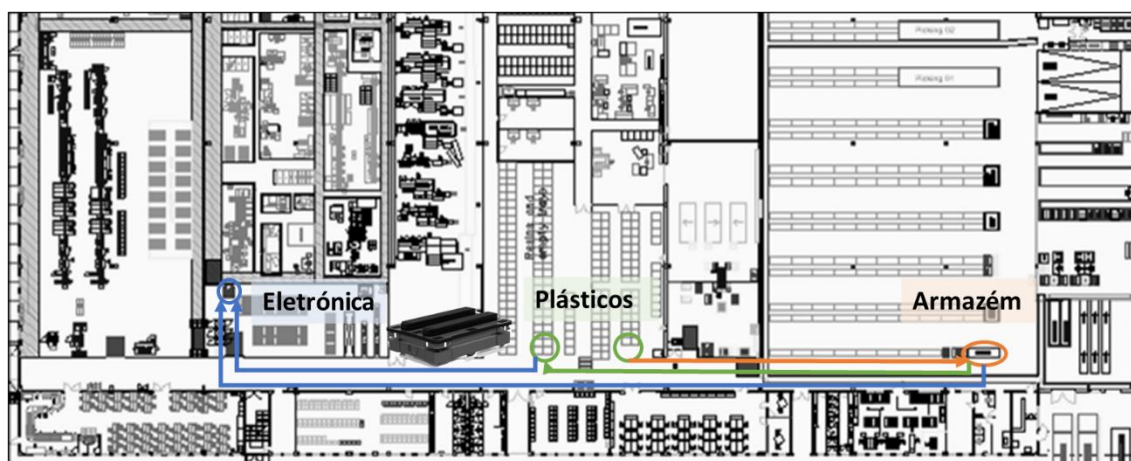


Figura 60: rota do MiR 500

A rota do MiR 500 no edifício 2 é composta por quatro tipos de missões, executadas a partir de dois pontos específicos:

1. Plásticos – armazém & plásticos – eletrónica

O colaborador responsável pela rota externa coloca o material na plataforma de envio da área de plásticos e atribui a missão ao robô através da interface de controlo. O robô, conforme a ordem de atribuição, transporta a paleta até à plataforma de receção no armazém. Uma vez entregue, o colaborador de empilhador recolhe o material e procede à sua organização no armazém. O mesmo processo é utilizado para envios de material para a área da eletrónica (SK4/5).

2. Armazém – plásticos & Armazém – eletrônica

No armazém, o colaborador de empilhador coloca a paleta de material numa das plataformas do MiR, conforme a requisição. Em seguida, atribui a missão ao robô através do software. O robô autônomo, ao receber a ordem, recolhe a paleta e transporta-a até a plataforma de recepção de material na área de plásticos ou na área da eletrônica, onde realiza a descarga.

A rota do MiR que conecta o armazém à área de eletrônica é responsável pelo abastecimento de componentes paletizados para as linhas de SMT, CBA e montagem final.

O robô carrega a paleta no armazém e percorre aproximadamente 100 metros até à plataforma designada na eletrônica, onde realiza a descarga. Após o material ser deixado na plataforma SK4, um colaborador da área de fluxos (denominação usada pelo PC&L) utiliza um porta-paletes para mover a paleta ao local adequado no armazém. O tempo médio de execução dessa missão pelo MiR é de 6 minutos e 33 segundos enquanto que para a área dos plásticos ronda os 4 minutos e 30 segundos.

Na Figura 61 é possível observar o MiR a carregar uma paleta com destino ao supermercado 4.



Figura 61: MiR na rota armazém - eletrônica

6.2.2. Rota do colaborador externo

O operador da rota externa trabalha para abastecer três áreas distintas, a eletrônica (SK4/5), os plásticos (SK7) e o *Labelling* (SK9) (Figura 62). Tendo de alimentar estes locais com gaiolas, plásticos, rolos e dornas. Assim que a rota está estabilizada e os diversos pontos estão abastecidos, este operador é afeto à área do *Labelling*, onde realiza funções de abrir caixas e alimentar o *conveyor*.

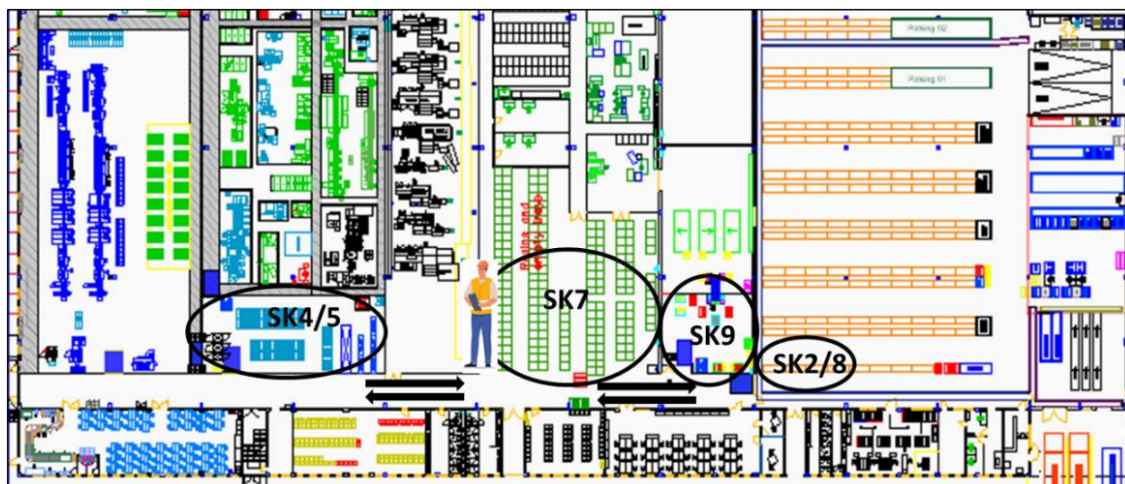


Figura 62: Rota colaborador externo

A prioridade principal desta rota é transportar as gaiolas do armazém (SK2/8) para a área de eletrônica (SK4/5), retornando com estruturas vazias, caso estejam disponíveis. Essas gaiolas carregam placas em containers provenientes do edifício 1, destinadas ao processamento produtivo no edifício 2 (Figura 63).



Figura 63: Gaiola

A segunda prioridade envolve o transporte de carrinhos com rolos da área de etiquetagem (SK9) até a eletrônica, também retornando com estruturas vazias (Figura 64). O colaborador da etiquetagem (*Labelling*) prepara o carrinho com o material necessário, de acordo com a lista de SMT, para o transporte até o SK4/5.



Figura 64: Carrinho de SMT

Além dessas atividades, o colaborador faz o *picking* dos materiais necessários nos supermercados (2, 4, 5 e 8) da área de plásticos, utilizando um terminal Zebra para registrar e baixar os itens (Figura 65).

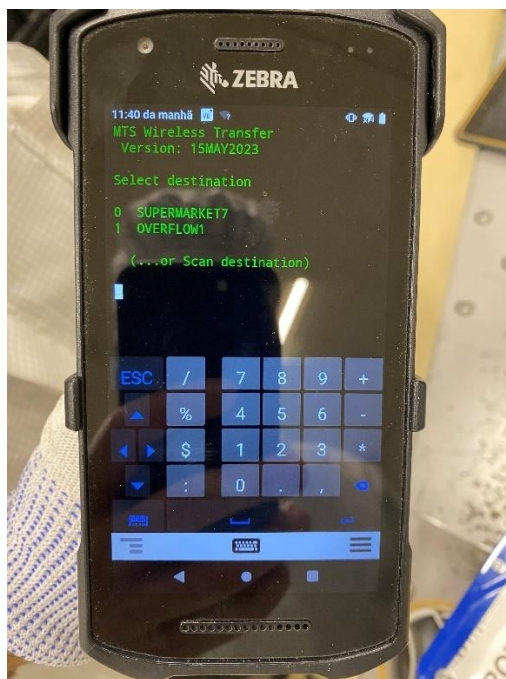


Figura 65: Terminal Zebra

Após a preparação da paleta, o colaborador faz a cintagem e coloca a paleta na plataforma do MiR para envio. Ele também descarrega paletes recebidas do MiR, organizando-as no local adequado (estantes ou paletes), e esporadicamente leva paletes vazias para o cais sul (Figura 66).

Este colaborador realiza ainda uma rota de compensação para a injeção de plásticos durante as pausas do colaborador dedicado aos plásticos, executando essa tarefa cerca de sete vezes por turno.



Figura 66: Paleta rececionada da plataforma do MiR

Após completar o abastecimento das diversas áreas e finalizar a rota, o colaborador auxilia na abertura de caixas na área de etiquetagem, garantindo um fluxo constante de material para o *conveyor*. Além disso, ele transporta dornas vazias do SK2/8 (armazém) para o SK9 (*Labelling*) e leva as dornas cheias do SK9 para o SK2/8 contendo rolos destinados à produção do edifício 1. Também é responsável por transportar paletes com matéria-prima (caixas de rolos) do armazém (SK2/8) para o *Labelling* (SK9), assegurando o abastecimento contínuo do *conveyor*.

Na Figura 67 podemos ver as paletes e dornas armazenadas no SK9 conforme as práticas dos 5s.

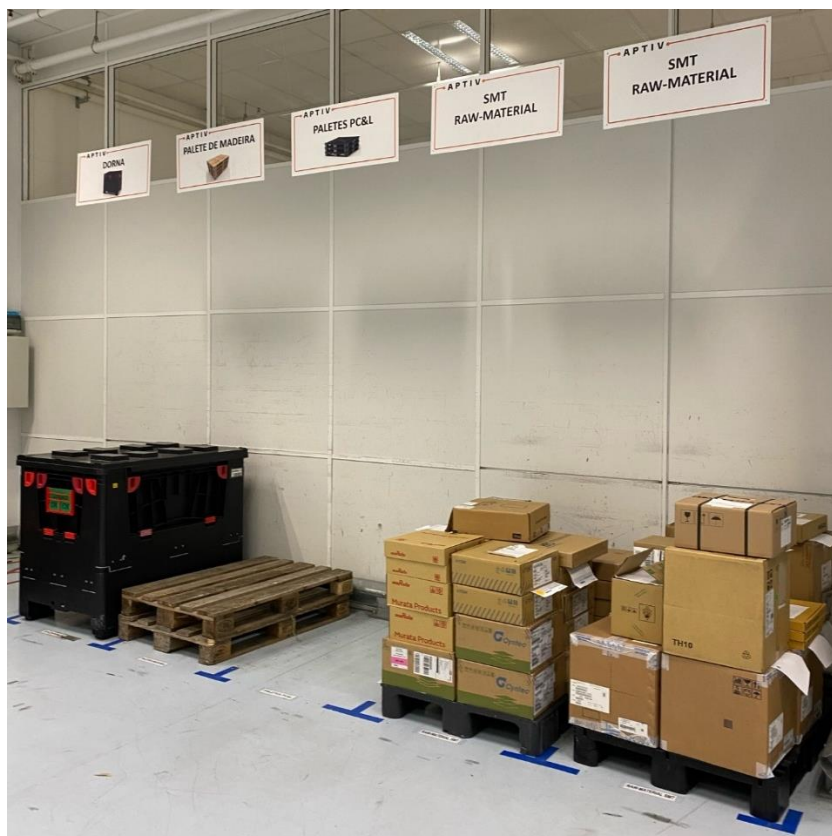


Figura 67: Dornas e paletes com raw material no sk9

6.3. Análise crítica da situação atual

O principal objetivo deste projeto é otimizar o uso do robô MiR 500, atualmente subaproveitado, e maximizar suas capacidades. A abordagem envolve analisar as rotas realizadas pelo colaborador externo e adaptá-las para serem executadas pelo MiR. Em seguida, será avaliada a ocupação atual do robô.

A meta é reduzir a carga de trabalho do colaborador externo, de modo que suas funções logísticas, que não agregam valor, possam ser redistribuídas para outros colaboradores ou eliminadas, permitindo à empresa uma redução de pessoal ou o reposicionamento desse colaborador em atividades de maior valor. Atualmente, o colaborador externo dedica-se exclusivamente ao transporte de materiais, um trabalho que não é ergonômico e que consiste apenas em movimentação de cargas. Na Figura 68, as tarefas marcadas a amarelo representam atividades que podem ser transferidas para o MiR ou eliminadas deste colaborador, como, por exemplo, o

transporte de material para SMT e a abertura de caixas. Também são apresentados os tempos necessários para executar as diferentes rotas e o impacto delas no trabalho diário do colaborador.

TIPO	Periodicidade (ciclos 20 min)	FREQUÊNCIA T1	Tarefas Periódicas	Duração		Rota
				Tempo (min)	Impacto (min)	
Gaiolas/Turno	3	8,8	Levar gaiola do armazém para Eletrônica e trazer gaiola vazia	5,07	44,54	Rota Externa
			Plásticos			
Paletes/Turno	2	10,6	Enviar material plástico para o SK2 & SK4 & SK8	3,88	40,98	
Caixas/Turno	64	1,4	Receber e abastecer Estante com materiais (SK7)	2,81	4,01	
Paletes/Turno	5	5,1	Receber e abastecer materiais em Paleta (SK7)	1,73	8,79	
Paletes/Turno	4	5,3	Levar Paleta com vazios para Cais Sul (SK7)	3,78	20,02	
			SMT - Armazém			
Carrinhos/Turno	3	7,6	Levar carrinho com rolos para SMT	2,97	22,60	
Rampas/Turno	5,0	15,3	Abrir caixas de Fornecedor e alimentar Rampa	21,52	98,85	
Dornas/Turno	2	9,9	Colocar Dornas vazias no SK9 e enviar cheia para armazém	1,97	19,47	
Paletes/Turno	2	9,9	Transportar paleta com RM do armazém para o SK9	1,42	14,03	
Carrinhos/Turno	5	5,0	Picking nas Estantes para BSI	10,05	49,85	

Figura 68: Tarefas colaborador externo

Vale destacar a inclusão de uma nova tarefa, o "*picking* nas estantes para BSI", uma atividade que até o momento é parte da rota completa de SMT, abrangendo desde a seleção de materiais nas estantes até o transporte. No futuro, essa função será atribuída ao colaborador responsável pela abertura de caixas. Ao observar a Figura 69, vemos que o colaborador externo tem uma ocupação de cerca de 70%. Ao remover as funções destacadas em amarelo, essa ocupação cai para 27%, e ao eliminar a tarefa de *picking* nas estantes, a sua ocupação seria reduzida para 12%, o que permitiria a redistribuição das tarefas para outro colaborador. A explicação dos cálculos dos tempos e ocupações será aprofundado no capítulo das soluções.

Rota Externa		
Tempo de Ciclo	457	min
Tempo de Ocupação T1	323,13	min
Ocupação/Ciclo	14,14	min
% Ocupação Colaborador	70,71%	

%Ocupação	70,71%
%Ocupação sem tarefas a amarelo	27%

Figura 69: Ocupação do colaborador externo

É relevante mencionar que a transferência destas tarefas para o MiR dependerá da sua disponibilidade. Atualmente, o MiR realiza apenas quatro tipos de missões, com um fluxo de trabalho relativamente baixo. Na Figura 70, está ilustrada a distância percorrida pelo robô nos dias da primeira semana de abril.

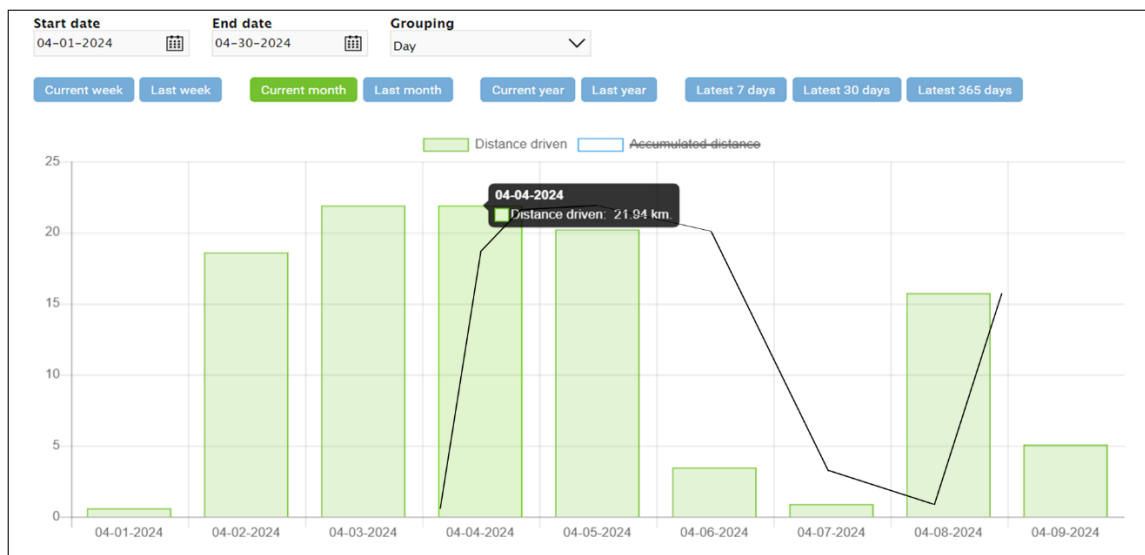


Figura 70: Distância percorrida na primeira semana de abril

É possível observar que o trabalho do robô ronda os 21 km diários, o que representa uma ocupação entre 55% e 65% sobre o tempo total de trabalho disponível (análise a ser detalhada na secção seguinte). Através de uma análise do trabalho diário do equipamento e conversa com os colaboradores que trabalham com o MiR, é possível afirmar desde já que este possui diversos problemas que comprometem o seu funcionamento. Estes problemas com o equipamento dão origem a desperdícios no seu tempo de trabalho e afirma que o robô tem margem para otimização e pode executar uma maior quantidade de trabalho.

6.3.1. Análise do trabalho efetuado pelo robô

Como mencionado anteriormente, uma parte significativa do trabalho realizado pelo MiR é considerado desperdício, indicando problemas relevantes no seu funcionamento. Para atingir os objetivos deste projeto, é essencial aumentar a carga de trabalho do robô. No entanto, antes de aumentar essa carga, é crucial resolver esses problemas operacionais, pois, apesar da capacidade ociosa disponível, a otimização do estado atual do MiR é necessária para evitar gargalos que comprometam a eficiência do sistema.

Para entender melhor o desempenho do robô, foi realizada uma análise detalhada das missões executadas nos dias 23/04 e 29/04, dias com elevado volume de trabalho. Esta análise focou-se nos tempos de execução das missões, permitindo identificar possíveis falhas e áreas para melhoria. Conforme ilustrado na Figura 71, no dia 23/04, o MiR percorreu um total de 18,68 km. As

conclusões obtidas a partir desse estudo serão fundamentais para implementar as melhorias necessárias e garantir que o robô possa lidar com uma maior carga de trabalho de forma eficiente.

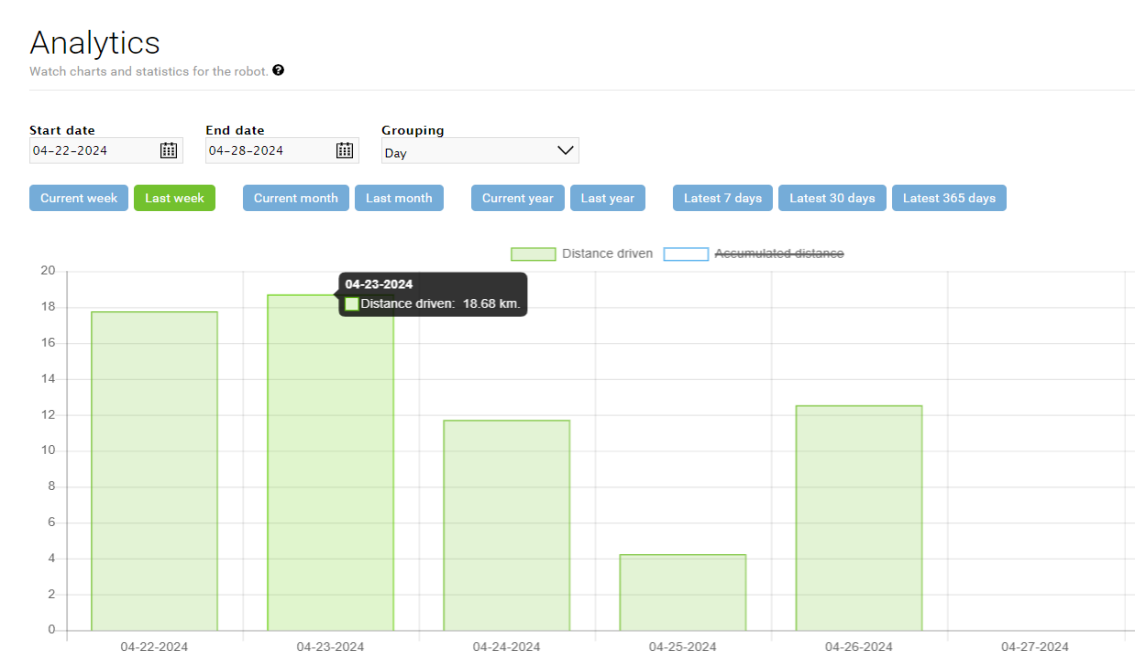


Figura 71: Estatísticas do MiR no dia 23/04

A interface do MiR fornece dados detalhados sobre os tempos de cada missão realizada e o respectivo resultado, indicando se a missão foi concluída ou abortada. As missões são abortadas quando, devido a algum problema de desempenho, o robô não consegue completá-las.

Como mencionado anteriormente, o tempo médio da missão mais longa é de 6 minutos e 33 segundos. Para fins de análise, foram consideradas aceitáveis missões com duração de até 8 minutos, proporcionando uma margem de segurança (Tabela 5). No caso de missões abortadas, estas são contabilizadas como desperdício, contribuindo para a ineficiência geral do robô.

Tabela 5: Tipo de missões executadas

Tipo de missão		Tempo de missão		
Feita	&	< 8 min	⇒	Boas missões
Abortada	&/ou	> 8 min	⇒	Desperdícios

Na Tabela 6, são analisados os tempos das primeiras 13 missões realizadas no dia 23 de abril. Verifica-se que uma das missões, devido a problemas no desempenho do robô, demorou 23

minutos para ser concluída, um tempo muito superior ao esperado. No total de 132 missões executadas nesse dia, 99 foram concluídas com sucesso, enquanto 19 missões foram abortadas e 14 apresentaram um tempo de execução superior a 8 minutos.

As missões abortadas referem-se a tarefas atribuídas ao AMR MiR que, por diversos motivos, não conseguem ser concluídas com sucesso. Essas interrupções podem ocorrer devido a falhas técnicas, obstáculos inesperados no percurso, erros na configuração das rotas ou outras condições adversas. Quando uma missão é abortada, é necessário realizar ajustes manuais no robô ou na sua programação para permitir a sua retomada ou eventual conclusão. Este tipo de ocorrência reduz a eficiência do equipamento, pode gerar atrasos no fluxo de trabalho previsto e desta forma é contabilizado como desperdício.

A tabela completa está representada em maior detalhe no Anexo II - Tempos de rota do MiR para o dia 23 de abril.

Tabela 6: Tempos de rota do MiR para o dia 23 de abril

23/04/2024			
Contagem	Número missão	Tipo de missão	Run time
1	1	Feita	0,26
1	2	Feita	6,48
1	3	Feita	2,55
1	4	Feita	4,05
1	5	Feita	6,15
1	6	Feita	5,34
1	7	Feita	3,45
1	8	Feita	7,46
1	9	Feita	4,57
1	10	Feita	3,32
1	11	Feita	5,04
1	12	Feita	4,54
1	13	Feita	23,5

....

Cálculo do Tempo Perdido no Funcionamento do Robô MiR 500

1. Cálculo do Tempo Perdido em Missões Abortadas:

O tempo total desperdiçado com missões abortadas é obtido somando o tempo de todas as missões que não foram completadas. No dia analisado, 19 missões foram abortadas, totalizando:

- Tempo das missões abortadas: 103,64 minutos.

2. Cálculo do Tempo Perdido em Missões com Tempo Superior a 8 Minutos:

Quando uma missão excede o tempo máximo esperado (8 minutos), consideramos como desperdício o tempo extra que ultrapassa essa marca. No caso das 14 missões que excederam esse limite, o tempo total foi de 187,38 minutos. Para calcular o desperdício:

- Tempo total das 14 missões acima de 8 minutos: 187,38 minutos
- Tempo esperado (8 minutos por missão): $8 \text{ minutos} \times 14 = 112 \text{ minutos}$
- Tempo de desperdício dessas missões: $187,38 \text{ minutos} - 112 \text{ minutos} = 75,38 \text{ minutos}$

3. Cálculo do Tempo Total Desperdiçado:

Somando o tempo perdido nas missões abortadas e o desperdício nas missões que excederam 8 minutos, temos o total de tempo desperdiçado no dia:

- Tempo total desperdiçado: $103,64 \text{ minutos} + 75,38 \text{ minutos} = 179,02 \text{ minutos}$

4. Percentagem de Tempo Desperdiçado:

Sabendo que o tempo total de utilização do robô nesse dia foi de 793,06 minutos, a percentagem de tempo desperdiçado é calculado da seguinte forma:

- Tempo total de utilização: 793,06 minutos = 100%
- Tempo desperdiçado: 179,02 minutos
- Percentagem de tempo desperdiçado: $(179,02 / 793,06) \times 100 \approx 23\%$

Isso significa que 23% do tempo de operação do robô no dia 23/04 foi desperdiçado devido a problemas técnicos e excesso de tempo em missões.

Análise Geral do Dia 23/04

- Total de missões realizadas: 132 missões
- Tempo total de utilização: 793,06 minutos = 13,218 horas
- Distância total percorrida: 18,68 km

- Velocidade média: 18,68 km / 13,218 horas $\approx$ 1,413 km/h
- Tempo médio esperado para a missão armazém – eletrônica: 6,33 minutos
- Tempo médio esperado para a missão armazém – plásticos: 4,3 minutos
- Média do tempo das missões bem-sucedidas: 5,0204 minutos

Ocupação e Desempenho do Robô

- Tempo disponível por dia: 1440 minutos (24 horas)
- Percentagem de ocupação do robô no dia: $(793,06 / 1440) \times 100 = 55\%$
- Percentagem de ocupação desperdiçada: 23% (devido a missões abortadas ou demoradas)

Consumo de Bateria

O AMR MiR adota um sistema de carregamento oportunista, deslocando-se automaticamente ao posto de carregamento sempre que não há missões atribuídas para execução. Essa estratégia permite que o robô mantenha a bateria em níveis elevados, garantindo disponibilidade para futuras operações. A partir de uma análise visual, verificou-se que o equipamento mantém frequentemente uma percentagem elevada de carga na bateria, indicando que passa uma parte considerável do tempo no processo de carregamento. Esse comportamento sugere que há margem para aumentar a quantidade de trabalho logístico atribuído ao robô, otimizando a sua utilização e reduzindo períodos de ociosidade.

- Taxa de carregamento: O robô carrega 1,5% da bateria por minuto.
- Tempo necessário para carga completa: $100\% / 1,5\% \text{ por minuto} = 67 \text{ minutos}$
- Bateria consumida no dia: 105% (acima de uma carga completa)
- Tempo diário gasto em carregamento: $105\% \times 1 \text{ minuto por } 1,5\% \approx 70 \text{ minutos}$
- Percentagem de tempo dedicado ao carregamento: $(70 / 1440) \times 100 \approx 5\%$ do tempo total diário

Comparação com o Dia 29/04

Resultados semelhantes foram observados no dia 29/04, com uma ocupação de 59% e um desperdício de 20%.

6.3.2. Problemas funcionais com o robô MiR 500

Ao analisar o comportamento do robô durante a execução das suas rotas e os tempos previamente avaliados, tornou-se evidente que o equipamento apresentava uma série de problemas operacionais. Esses problemas manifestavam-se em forma de perda de conexão, paragens abruptas, dificuldades de comunicação com as plataformas e carregamento inadequado. Tais falhas comprometem o funcionamento autónomo do MiR 500, exigindo uma supervisão constante por parte dos colaboradores, quando o objetivo seria que o robô operasse de forma completamente independente, auxiliando a empresa no transporte de materiais.

Para abordar essas questões de maneira abrangente, foi necessário reunir todos os responsáveis pelo sistema do MiR 500. Aproveitando a visita do técnico da EPL (fornecedor dos equipamentos MiR) no dia 16/04/2024, organizou-se uma reunião com os principais envolvidos: o fornecedor (EPL), o técnico de IT, o responsável pelas infraestruturas internas, o encarregado da operação diária do MiR e o supervisor de armazém da APTIV. Esta reunião permitiu uma discussão aberta sobre os problemas enfrentados, cobrindo todos os aspetos relevantes do sistema.

No final do encontro, foram identificados sete problemas principais que precisavam ser resolvidos para melhorar o desempenho do MiR:

- Antena externa partida, resultando em baixo alcance de sinal com a antena interna;
- Desgaste das rodas mecânicas, dando origem a deslizamento e mau posicionamento do robô;
- Necessidade de conectar pontos fixos (plataformas) por cabo para melhorar as conexões, como no portão 5 e nas plataformas do supermercado de eletrónica;
- Problemas de posicionamento do MiR ao aproximar-se das plataformas localizadas no armazém;
- Sinal de rede fraco na área designada, causando falhas na comunicação com o robô;
- O MiR não deteta corretamente quando uma paleta já está carregada, levando à colisão com outra paleta e à queda de material;
- O processo de carregamento da bateria do robô é lento, limitando sua eficiência operacional.

Esses problemas são os principais responsáveis pelos baixos índices de eficiência observados no robô. Na Figura 72, pode-se ver um incidente de queda de material devido às falhas no equipamento, o que resultou em um prejuízo estimado em aproximadamente 1.000 €.

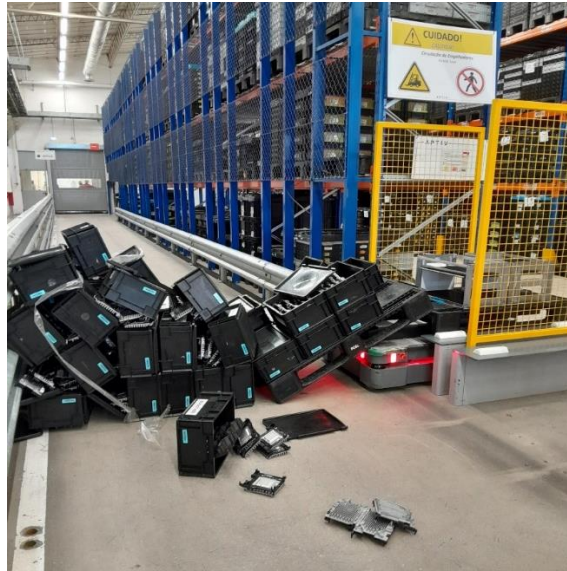


Figura 72: Queda de material devido a problemas com o MiR

6.3.3. Entrega de material a SMT

Atualmente, a rota de abastecimento da SMT é realizada pelo colaborador da rota externa, que transporta o carrinho cheio do SK9 (*Labelling*) até o SK4 (eletrônica) e retorna com o carrinho vazio.

O processo enfrenta duas restrições principais relacionadas com os requisitos de limpeza técnica das áreas de circulação. Primeira, carrinhos que transitam em CG0 não podem circular CG2, e vice-versa. Isso exige que o colaborador responsável pelo *conveyor* faça o *picking* no armazém (CG2) com um carrinho, transfira o material para outro carrinho em CG1, que é então levado pelo colaborador externo até o SK4 (Figura 73). No SK4, ocorre nova transferência de material para um terceiro carrinho, que é transportado até a SMT (Figura 73).

A segunda restrição é que o material destinado à SMT não pode estar exposto ao ar em CG0, exigindo que seja completamente coberto durante o transporte.

Atualmente, a estrutura com rolos é deixada num ponto no final das linhas, gerando deslocamentos adicionais pelos operadores de SMT.

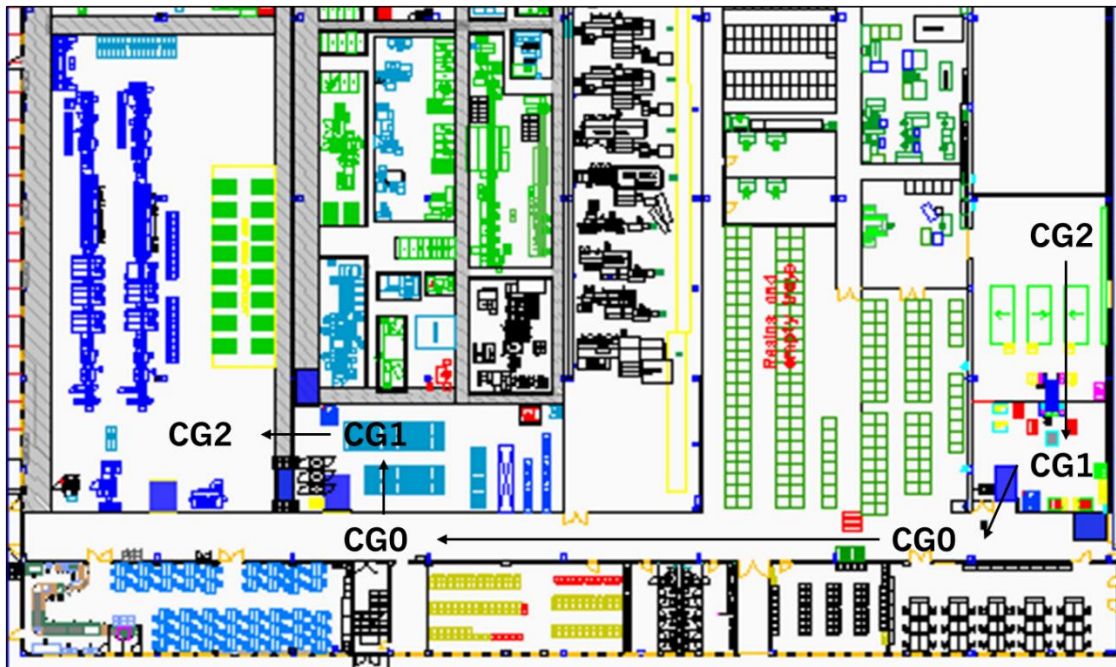


Figura 73: Requisitos de limpeza técnica da rota

Este tipo de transporte apresenta um padrão sistemático que pode ser completamente automatizado e atribuído ao MiR. Além disso, o carrinho utilizado atualmente apresenta várias limitações, como a altura inadequada, dificuldade de manuseamento por parte do colaborador e o fato de estar aberto, expondo os rolos em áreas onde essa exposição não é permitida (Figura 74). Esses problemas operacionais também contribuem para questões ergonômicas, afetando negativamente o colaborador responsável pela rota externa.



Figura 74: Carrinho de SMT e carrinho de picking

Conforme discutido anteriormente, o objetivo deste trabalho é transferir as funções do colaborador da rota externa para o robô MiR. O transporte sistemático entre CG1 (SK9) e CG1 (SK4) pode ser facilmente adaptado ao robô móvel, o que não apenas reduz a carga de trabalho do colaborador, mas também minimiza as ineficiências no transporte.

Outro problema associado à área de *Labelling* é a falta de limpeza adequada para um ambiente CG1 com contacto direto para CG2. As caixas chegam frequentemente sujas e com pó, o que suja as luvas dos operadores e pode contaminar os rolos (Figura 75). O processo de abrir caixas e movimentar paletes gera imensa sujeira no local, causando também acumulação de cartão. Idealmente, a abertura de caixas deveria ocorrer numa área CG1 controlada, garantindo que os rolos não entram em contato com contaminantes antes de serem transportados para CG2.



Figura 75: Sujeidade e acumulação de cartão no Labelling

6.3.4. Dornas

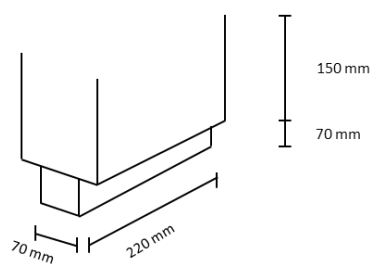
As dornas são caixas ESD colapsáveis utilizadas para o transporte de rolos entre diferentes edifícios (Figura 76). No contexto da área de Labelling, o colaborador é responsável por encher as dornas com os rolos requisitados pela produção do Edifício 1. Uma vez completa, cabe ao colaborador da rota externa transportar a dorna cheia até à área SK2/8 e recolher uma dorna vazia para dar continuidade ao processo.



Figura 76: Dorna

Em concordância com o objetivo deste projeto, uma das oportunidades identificadas é transferir a logística de transporte das caixas ESD colapsáveis para o robô MiR 500, atualmente em operação na fábrica. Como mencionado anteriormente, o MiR pode executar o processo de movimentação das caixas, permitindo assim que os colaboradores se dediquem a atividades de maior valor, ao mesmo tempo que se otimiza o robô para desempenhar um maior número de funções.

No entanto, a rota do MiR só poderá ser implementada se as caixas estiverem adaptadas às dimensões de trabalho das plataformas. A configuração atual da dorna apresenta um estreitamento na base de 3 centímetros como observado na Figura 77, o que compromete a estabilidade ao ser colocada nas plataformas de trabalho. Essa inadequação impede que a adaptação das caixas ao MiR seja viável.



Pé da dorna

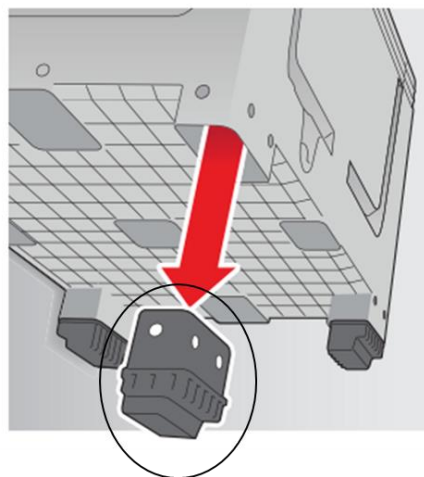


Figura 77: Estreitamento do pé da dorna

Outro problema que existe com este elemento de transporte é a fragilidade do pé. Como desmonstrado na Figura 78, devido aos inúmeros transportes e consequentes embates, o pé é danificado com facilidade.

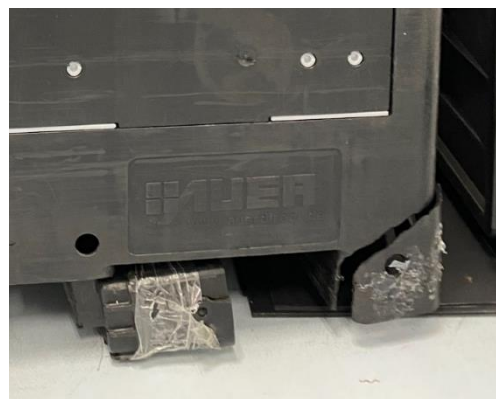


Figura 78: Pés da dorna danificados

6.4. Apresentação e implementação de soluções

Este subcapítulo, inserido no contexto do projeto 2, tem como objetivo apresentar soluções voltadas à maximização da eficiência operacional do robô MiR 500. Inicialmente, são descritos os trabalhos realizados para aprimorar o desempenho atual do robô. Em seguida, abordam-se as soluções propostas para os problemas identificados, visando transferir tarefas de baixo valor agregado, atualmente executadas pelo colaborador responsável pela rota externa, para o MiR 500.

6.4.1. Resolução de problemas com o MiR

O MiR (Mobile Industrial Robots) é crucial para a realização dos processos logísticos na APTIV, mas tem apresentado vários problemas de funcionamento que comprometem a sua eficiência e podem limitar a capacidade operacional. Assim, tornou-se prioritário resolver essas falhas para permitir que o MiR suporte uma maior carga de trabalho sem prejudicar o fluxo de operações.

A reunião realizada em 16 de abril permitiu uma análise abrangente dos problemas identificados, culminando na definição de soluções adequadas para viabilizar a elaboração de um plano de ações eficaz.

A reunião resultou na identificação de seis problemas prioritários, para os quais foi elaborado um plano de ação. Este plano detalha cada problema, a respectiva solução proposta, os custos associados e o estado atual de resolução, conforme resumido no plano de ações seguinte.

Plano de Ação para a Resolução dos Problemas do MiR

1. Antena Externa Partida

- Descrição do Problema: A antena externa do MiR estava partida, o que resultava num baixo alcance de sinal.
- Solução Proposta: Substituição da antena externa e instalação de uma antena interna na posição vertical.
- Responsável: Fornecedor (EPL).
- Data de Orçamento: 03/05/2024.
- Custo Estimado: 12 €.

- Data de Resolução: 06/06/2024.

2. Desgaste das Rodas Mecânicas

- Descrição do Problema: As rodas mecânicas do MiR estavam desgastadas, provocando deslizamento e mau posicionamento durante as operações.
- Solução Proposta: Aquisição e substituição das rodas desgastadas por novas.
- Responsável: Fornecedor (EPL).
- Data de Orçamento: 02/05/2024.
- Custo Estimado: 935 €.

3. Conexões de Cabos de Rede

- Descrição do Problema: Alguns pontos fixos, como o portão 5 e duas plataformas no supermercado de fluxos, necessitavam de ligação por cabo para melhorar as conexões. Era também necessária a aquisição de três módulos WISE.

Os módulos WISE (Wide Input Small Ethernet) são dispositivos inteligentes utilizados para monitorização, automação e controle remoto em sistemas industriais e de *Internet of things* (IoT). No presente contexto, os módulos WISE estão relacionados com melhoria da conectividade e automação dos pontos fixos mencionados, permitindo integração com o restante do sistema e garantindo uma operação mais eficiente e confiável.
- Solução Proposta: Instalação dos cabos de rede e dos módulos WISE.
- Responsável: APTIV + Fornecedor (EPL).
- Data de Orçamento: 02/05/2024.
- Custo Estimado: 1.770 €.

4. Problemas de Posicionamento do MiR

- Descrição do Problema: O MiR apresentava dificuldades no posicionamento correto junto às plataformas do armazém.
- Solução Proposta: Instalação da versão 3 do software nos equipamentos MiR.
- Responsável: Fornecedor (EPL).
- Data de Orçamento: 02/05/2024.
- Custo Estimado: 0 €.

- Data de Resolução: 04/07/2024.

5. Sinal Fraco no Ponto de Carregamento

- Descrição do Problema: O fraco sinal na área designada para o carregamento do MiR causava problemas de conexão.
- Solução Proposta: Remover o SSID "*newmanid*" do ponto de acesso localizado na sala ao lado.
- Responsável: IT da APTIV.
- Data de Orçamento: 02/05/2024.
- Custo Estimado: 0 €.
- Data de Resolução: 05/06/2024.

6. Queda de Material

- Descrição do Problema: O MiR não detetava a presença de uma palete quando carregada, o que causava colisões e queda de material quando as missões eram abortadas.
- Solução Proposta: Avaliação da viabilidade de instalar um sensor de peso ou sensor de luz.
- Data de Ocorrência: 07/05/2021.
- Data de Orçamento, Cotação e Resolução: Em análise.

7. Mau Funcionamento no Carregamento do MiR

- Descrição do Problema: O MiR apresentava um carregamento lento, prejudicando a sua utilização eficiente e provocando paragens completas.
- Solução Proposta: Aquisição e instalação de uma nova placa de alimentação (Power board).
- Responsável: Fornecedor (EPL).
- Custo Estimado: 4.135 €.
- Data de Resolução: 04/07/2024.

8. Serviço Técnico

- Descrição: Deslocação do fornecedor às instalações da APTIV para resolver os problemas identificados.

- Custo Estimado: 2.568 €.

Total Estimado para a Resolução dos Problemas: 9.408 €.

% de trabalho desperdiçado atual: $\pm 20\%$

Objetivo futuro com este plano de ações: aproximar ao máximo de 0%.

A implementação deste plano de ação é crucial para assegurar o funcionamento eficiente e sem interrupções do MiR, promovendo a sua otimização contínua. As soluções foram definidas com base numa análise técnica das necessidades do robô, abrangendo hardware, software e infraestrutura. O sucesso desta implementação dependerá da colaboração entre os departamentos envolvidos e o fornecedor.

Conforme indicado no plano de ações, o progresso na resolução dos problemas já está em curso, com algumas ações concluídas e outras previstas para breve. A substituição de componentes críticos, as atualizações de software e as melhorias na infraestrutura de rede vão aumentar significativamente a eficiência operacional do MiR, fortalecendo a sua fiabilidade nas operações logísticas da APTIV.

6.4.2. Nova rota de SMT

O estudo da nova rota de SMT visa alcançar um dos principais objetivos deste projeto: automatizar a transferência de tarefas atualmente realizadas pelo colaborador da rota externa para o robô autónomo MiR 500, otimizando assim o processo de transporte de materiais.

Para o desenvolvimento dessa rota, foi realizado um levantamento detalhado dos consumos diários de rolos de SMT na APTIV. Ao invés de focar apenas no consumo atual das duas linhas do edifício 2, consideraram-se os consumos totais de rolos da empresa. Essa abordagem é justificada pela necessidade de projetar a estrutura de transporte para atender às necessidades futuras da empresa, uma vez que a expansão para até cinco linhas de produção no edifício 2 está nos planos da APTIV.

Outro fator relevante é a necessidade de garantir a limpeza técnica adequada no ambiente de armazenamento de rolos, como discutido anteriormente no ponto 6.3.3. A abertura de caixas no

armazém de rolos tem gerado resíduos e sujeidade, o que pode comprometer a qualidade do material armazenado. Para mitigar esse problema, propõe-se a transferência da atividade de abertura de caixas de rolos para a área de *repacking*, localizada no edifício 2.

A área de *repacking* é classificada como CG1 em termos de normas de limpeza e ESD (*Electrostatic Discharge*), oferecendo condições adequadas para a manipulação segura de materiais sensíveis. Nesse local, o material recebido dos fornecedores em caixas de cartão é transferido para caixas ESD reutilizáveis da APTIV. Além disso, a área está estrategicamente posicionada após o cais de recepção de materiais do edifício 2, facilitando a integração do fluxo logístico com o MiR 500 (Figura 79).

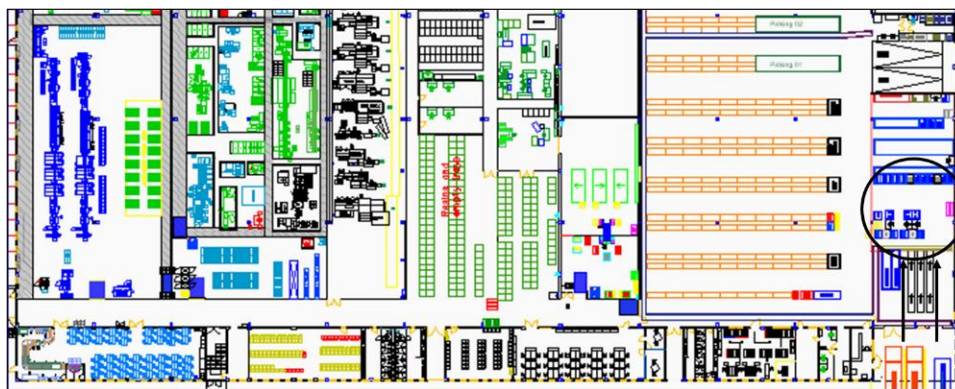


Figura 79: Localização da área do repacking

Nas Figura 80 e 81, é possível observar o isolamento da área de repacking em relação ao ambiente circundante, bem como uma das estações de trabalho, onde o cartão é posicionado à direita e as caixas reutilizáveis à esquerda, prontas para serem abastecidas com material.



Figura 80 e Figura 81: Isolamento da área do repacking e estação de trabalho

Considerando que a área de *repacking* já envolve o manuseamento de caixas de cartão, faz sentido que a atividade de abertura das caixas destinadas à SMT seja transferida para este local. Assim, a estrutura projetada para a rota de SMT foi dimensionada para suportar todo o consumo diário de rolos da fábrica. Isto porque o armazém de rolos do edifício 2 (área SK9) já atua como armazém central, abastecendo tanto a produção do edifício 2 como as 15 linhas de produção do edifício 1.

No caso de, futuramente, a abertura das caixas ser transferida definitivamente para a área de *repacking*, é essencial que a estrutura desenvolvida seja capaz de atender às necessidades totais de abastecimento da empresa. Ao realizar a abertura dos rolos nesta área, eles já estarão prontos para ser transportados em caixas ESD e armazenados diretamente no SK9.

Na Tabela 7 é apresentado o consumo diário de rolos, organizado por espessura, uma vez que esta variável determinará a capacidade de transporte da estrutura projetada.

Tabela 7: Consumo de rolos diário por espessura

Espessura do Rolo	Soma de Rolos/day AVG CW30
0,8	40,69
0,85	66,71
0,9	78,99
1	3728,12
1,3	1,62
1,5	539,15
1,7	5,81
1,8	1,94
2	262,14
2,5	117,29
2,7	79,01
2,8	27,96
3	319,43
3,5	187,41
4	19,52
4,5	56,30
4,8	11,79
5	380,57
5,5	5,53
6	140,79
6,5	10,24
7	46,83
7,5	0,69
8	152,46
Total Geral	6281,02

A empresa consome, em média, cerca de 6281 rolos por dia, com possíveis variações ligeiras, mas raramente abaixo dos 6000 rolos diários.

Para identificar qual a espessura de rolos mais consumida diariamente, foi elaborada uma tabela com as percentagens acumuladas de consumo por espessura. Esta análise permitiu a criação de um diagrama de *Pareto*, o que possibilita a ordenação das espessuras de acordo com a sua frequência de utilização, facilitando a priorização das mais consumidas e, consequentemente, uma mais fácil projeção da estrutura necessária a desenvolver.

A partir da análise da tabela, concluiu-se que 80% dos rolos consumidos têm espessuras de 1, 1,5, 3 e 5 centímetros. Com base nestes dados, foi elaborado um diagrama de *Pareto* que facilita

a visualização dos resultados, permitindo uma compreensão mais clara e uma análise futura mais eficiente (Figura 82).

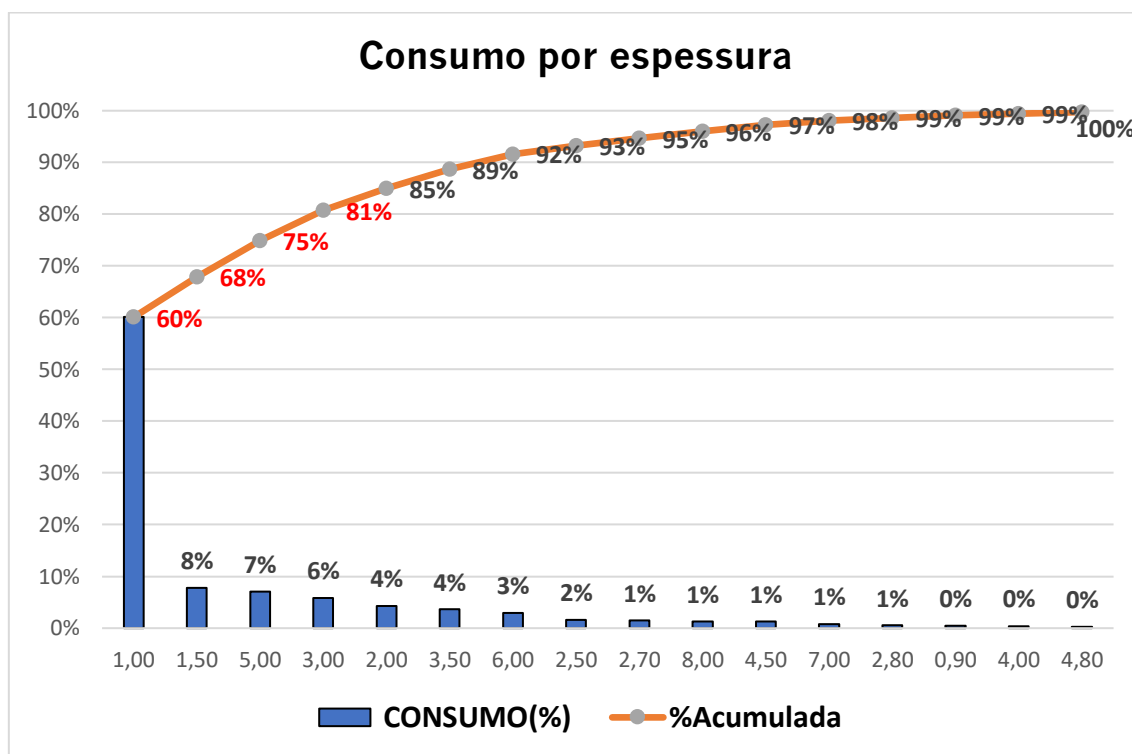


Figura 82: Diagrama de pareto quanto às quantidades consumidas por espessura

A partir do diagrama, concluiu-se que 80% dos rolos consumidos têm espessuras de 1, 1,5, 3 e 5 centímetros.

À medida que os estudos avançavam, começou-se a idealizar uma estrutura capaz de responder às necessidades futuras da empresa. O material continuará a ser transportado em caixas ESD dentro da estrutura, como tem sido feito até agora. Com base no carinho atual e nos dados analisados, identificou-se a necessidade de alocar 8 caixas por nível. Dadas as suas dimensões, este requisito implica que as dimensões da estrutura a ser desenvolvida ultrapassem as de uma euro-paleta, resultando numa estrutura com dimensões de 900 x 1200 mm.

Foi rapidamente concluído que a estrutura necessitaria de 3 níveis, proporcionando uma capacidade de transporte de 24 caixas. No entanto, como as dimensões ultrapassam as de uma euro-paleta, para as quais as plataformas atuais estão dimensionadas, foi realizado um estudo para avaliar a viabilidade, fiabilidade e segurança de uma estrutura com essas dimensões (Figura 83).



Figura 83: Plataforma do MiR adequada para transportes de europaletes

Numa primeira fase, esboçou-se a estrutura e discutiram-se várias possibilidades. A solução proposta envolvia uma estrutura que encaixasse por cima da euro-paleta, respeitando o limite de 1 metro de largura da plataforma. Contudo, essa margem de manobra reduzida exigiu uma análise mais detalhada.

O primeiro estudo visou validar a viabilidade da estrutura, analisando as tolerâncias envolvidas no posicionamento da paleta na plataforma elevatória e a relação do MiR com a mesma. Dado que o robô pode apresentar desvios no posicionamento, era essencial analisar o pior cenário para avaliar o risco de colisão com as paredes da plataforma.

Inicialmente, realizou-se uma análise visual, onde foram retiradas medidas e margens. Posteriormente, contactou-se o fornecedor para obter informações sobre o erro de posicionamento do MiR em relação à plataforma. Com essas informações, foi feito um esboço em CAD para avaliar se havia margem de manobra suficiente para o posicionamento seguro da estrutura na plataforma. As tolerâncias consideradas foram:

- $\pm 7,5$ mm no posicionamento da paleta na plataforma fixa;
- ± 25 mm no posicionamento da paleta na plataforma elevatória;
- $\pm 1,5$ mm no posicionamento do MiR em relação à plataforma.

Com estas margens, foi realizada uma simulação simples em CAD, conforme ilustrado na Figura 84, aplicando o pior cenário em termos de tolerâncias. A simulação demonstrou que haveria sempre uma margem superior a 20 mm para as paredes das plataformas, o que comprova que a estrutura pode ser desenvolvida com as dimensões propostas.

Após esta validação inicial, foram realizadas reuniões com o departamento de segurança e a equipa de limpeza técnica para identificar possíveis entraves ou requisitos específicos que devem ser atendidos no desenvolvimento da estrutura.

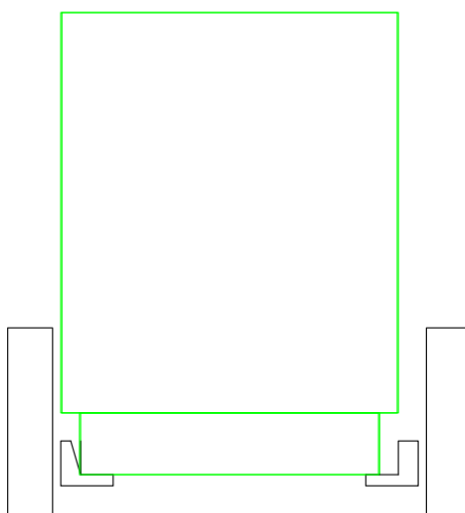


Figura 84: Desenho técnico do posicionamento da estrutura numa plataforma elevatória

De modo a perceber a quantidade de estruturas necessárias a ser desenvolvidas foi realizado um estudo relativamente à capacidade de transporte de material da mesma.

Capacidades Diárias de Transporte da Estrutura

1. Dimensões da Estrutura

- Comprimento: 1200 mm
- Largura: 900 mm
- Altura: 1655 mm

2. Dimensões da Caixa

- Comprimento: 430 mm
- Largura: 275 mm
- Altura: 175 mm
- Nota: Retiraram-se 15 mm da largura da caixa devido às extremidades, o que resulta em 260 mm de espaço útil por caixa para acomodar os rolos.



Figura 85: Caixa ESD para transporte de rolos

3. Quantidade de Caixas por Estrutura

- Total de 24 caixas podem ser acomodadas na estrutura.

4. Espessuras dos Rolos Consumidos

- 10 mm: 60% do consumo.
- 15 mm: 8% do consumo.
- 50 mm: 7% do consumo.
- 30 mm: 6% do consumo.

5. Total de Espaço Disponível na Estrutura

- A estrutura possui um total de 6240 mm de espaço disponível para armazenar rolos.

6. Espaço Total Necessário para Cada Tipologia de Rolo

- Rolos de 10 mm: Necessitam de 3744 mm de espaço (60% do total)
- Rolos de 15 mm: Necessitam de 499 mm de espaço (8% do total)
- Rolos de 50 mm: Necessitam de 436 mm de espaço (7% do total)
- Rolos de 30 mm: Necessitam de 374 mm de espaço (6% do total)

7. Quantidade de Rolos que a Estrutura Pode Transportar

- Rolos de 10 mm: 374 rolos
- Rolos de 15 mm: 33 rolos
- Rolos de 50 mm: 8 rolos
- Rolos de 30 mm: 12 rolos
- Total de Rolos Transportados: 427 rolos

8. Consumo Médio de Rolos por Dia

- Consumo de rolos por dia: 6281
- Consumo de rolos por hora: $6281 / 24 = 262$
- Como $427 > 262$, podemos garantir um abastecimento de 1 hora

9. Número de Estruturas Necessárias

- Para transportar a quantidade de material mencionada, é necessária apenas 1 estrutura.

Idealização da nova rota

Como tem vindo a ser mencionado, esta rota nova de transporte de material para a área de SMT surge com o objetivo de otimizar os processos, sempre com foco na automação. Esta rota foi idealizada para reduzir as funções do colaborador da rota externa, transferindo essas responsabilidades para o MiR (Mobile Industrial Robot).

Para apresentar todas as possibilidades de implementação, foi desenvolvido o esquema ilustrado na Figura 86, que foi discutido numa reunião com os chefes de departamento.

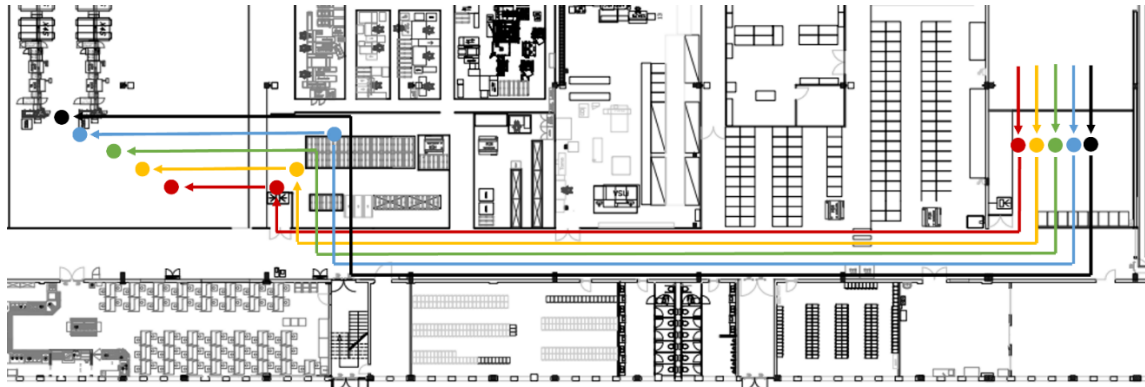


Figura 86: Possibilidades de entrega de material a SMT

No esquema, são apresentadas 5 rotas possíveis, cada uma representada por uma cor diferente. Os pontos no diagrama correspondem às mudanças de *set-up*. Na Figura 87, é detalhado o esquema que explica o funcionamento de cada uma dessas rotas.

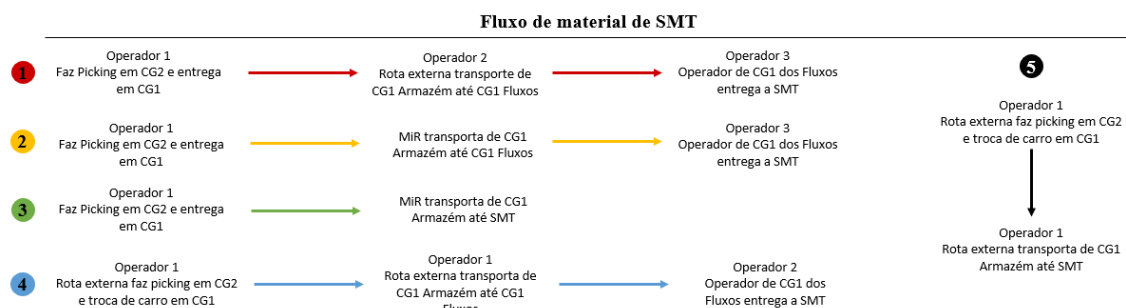


Figura 87: Execução das rotas

Foi necessário assegurar o cumprimento de certos requisitos, tais como o *milk run*, a entrega com *one touch delivery* e as normas de limpeza técnica, que não podem ser violadas. Entre os requisitos mais críticos, está a entrega direta do material na linha de produção, evitando deslocamentos desnecessários por parte dos colaboradores da produção.

As rotas 3 e 5, apesar de apresentarem maior eficiência, não cumprem as normas de limpeza técnica, pois ambas implicam a travessia entre áreas de diferentes classificações de limpeza, como CG2 até CG0, seja por parte do colaborador ou do MiR. A rota 4, por sua vez, também não garante o cumprimento das normas e apresenta-se como pouco eficiente.

A possibilidade 1 foi descartada por ser a menos operacional, exigindo três colaboradores e não promovendo a automação nem o *one touch delivery*.

Diante dessas considerações, a opção selecionada foi a representada pela cor amarela. Esta rota, além de cumprir todos os requisitos, permite a utilização do MiR para automatizar a entrega de materiais. A execução desta rota está detalhada na Figura 88, que demonstra como ela pode ser implementada de forma eficiente.

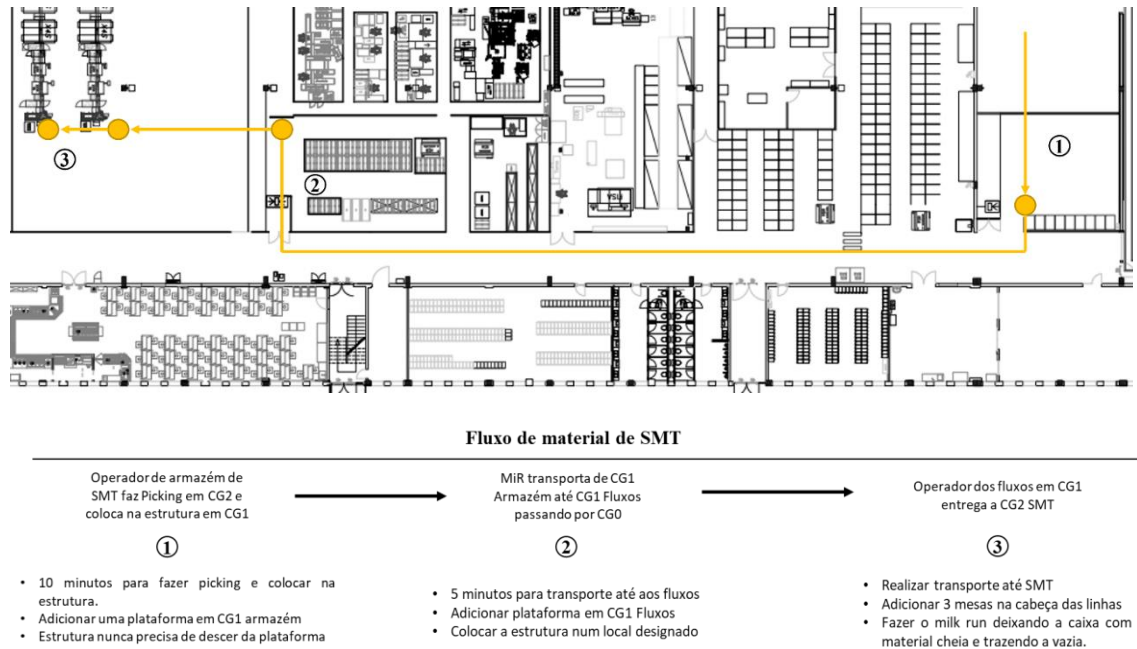


Figura 88: Rota de SMT futura do edifício 2

Resumidamente, esta solução permite alcançar os seguintes objetivos:

- **Conceito de Milk-Run:** As caixas cheias são entregues diretamente em cada linha de produção, enquanto as caixas vazias são recolhidas. A rota completa tem uma duração aproximada de 20 minutos.
- **Technical Cleanliness:** Assegura-se que os operadores que trabalham em áreas CG2 não necessitam de se deslocar até áreas de menor classificação de limpeza (CG0), evitando assim a contaminação cruzada. Além disso, os carros de transporte também não fazem a travessia entre CG2 e CG0, cumprindo as normas de limpeza técnica estabelecidas.

A implementação do fluxo de material, tal como foi apresentado, encontra-se dependente dos seguintes fatores:

1. Execução da estrutura de transporte previamente desenvolvida.
2. Alteração do layout do Supermercado de Fluxos, acompanhada da implementação de uma nova plataforma.
3. Instalação de uma plataforma na área de CG1 do armazém de SMT (SK9).
4. Colocação de uma mesa no topo de cada linha de produção, assegurando assim a execução do conceito de *milk run*.

Conceção da estrutura e implementação da plataforma nos fluxos (sk4/5)

Com a conclusão e idealização da nova rota de SMT, deu-se início ao desenvolvimento da estrutura de transporte de rolos (Figura 89). No Anexo V – Desenho técnico estrutura de transporte de rolos para SMT é apresentado este desenho técnico ao detalhe.

A estrutura foi concebida com os seguintes componentes:

1. Perfis de aço inoxidável 30x30 mm para a estrutura principal;
2. Painéis de DIBOND de 3 mm fixados à estrutura pelo exterior, com a face branca voltada para o interior;
3. Portas de duas folhas com dobradiças laterais e estrutura em tubo de aço inoxidável 25x25 mm (perfil mais fino para maximizar o espaço interno);
4. Três prateleiras em chapa de aço inox de 3 mm, com compartimentos adequados para acomodar caixas;
5. Cada prateleira inclui um compartimento adicional para armazenar um rolo de maiores dimensões (560x50 mm);
6. A estrutura é fixada a uma palete de plástico através de parafusos.

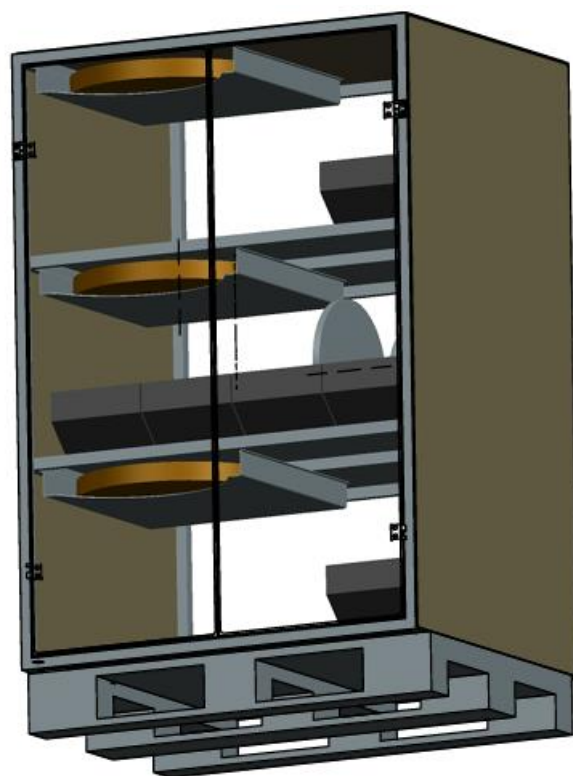


Figura 89: Desenho da estrutura de transporte de rolos para SMT

Após a aprovação do design da estrutura, foi elaborado um caderno de encargos para obtenção de orçamento e posterior execução da estrutura. O custo total do desenvolvimento desta solução foi de 1.902 €. Durante a fase final do projeto, foi possível acompanhar a entrega da estrutura e realizar testes com o robô autônomo MiR. Um dos desafios identificados foi a altura da abertura dos portões pelos quais o MiR transportará a estrutura. Os portões existentes tinham uma altura de abertura máxima de 2.200 mm, mas a estrutura com a paleta tem 1.815 mm, mais os 340 mm do MiR, totalizando 2.100 mm. Isso exigiu o ajuste da abertura do portão para 2.500 mm, garantindo assim uma margem confortável.



Figura 90 e Figura 91: Testes da estrutura em fábrica

Com a chegada da estrutura, foi implementado o segundo requisito da rota: a instalação de uma nova plataforma na área dos fluxos (SK9). A empresa já possuía uma plataforma, que até então estava desativada. Realizou-se um estudo para determinar o melhor local para a sua instalação, levando a ajustes na posição das plataformas (Figura 92). Além disso, foram colocados "WISES" conforme sugerido nas oportunidades de melhoria discutidas nas reuniões sobre o MiR.

Esta área funciona agora com uma plataforma para recepção e outra para envio de materiais, melhorando significativamente a gestão de materiais nesta área. A missão de transporte de materiais já existia e foi adaptada à nova posição da plataforma, tendo sido testada com sucesso.



Figura 92: Plataformas nos fluxos (sk4/5)

Num futuro próximo, a rota será testada com a nova estrutura a partir da plataforma de plásticos, e a implementação de uma segunda plataforma para a área de *Labelling* (SK9) está planeada. Embora não tenha sido possível acompanhar a implementação total da rota, os avanços realizados até agora indicam que todos os elementos estão alinhados para a implementação da nova rota. Este será mais um processo automatizado que aliviará a carga de trabalho do colaborador da rota externa.

6.4.3. Alteração dos pés das dornas

Para adaptar as dornas à rota do MiR, foram exploradas soluções que eliminassem o estreitamento da base e melhorassem a qualidade do material utilizado nos pés das dornas. Durante a busca de uma solução viável, foram analisadas várias possibilidades, sendo a primeira a seguinte:

1. Remoção da base dos pés das dornas

Inicialmente, considerou-se a remoção completa dos pés das caixas ESD colapsáveis, o que proporcionaria uma maior largura e garantiria estabilidade durante o transporte pelo MiR e a colocação nas plataformas (Figura 93).

No entanto, esta solução foi descartada por dois motivos principais. Primeiro, a remoção da base dos pés não melhoraria a qualidade do material, continuando a haver desgaste e danos que inviabilizariam o uso futuro das dornas. Segundo, com as bases removidas, a altura do pé da dorna seria reduzida para apenas 80 mm, o que tornaria inviável a sua movimentação com porta-paletes, uma ferramenta essencial para o transporte interno das dornas.

Desta forma, concluiu-se que esta solução não era viável e foi excluída do processo.

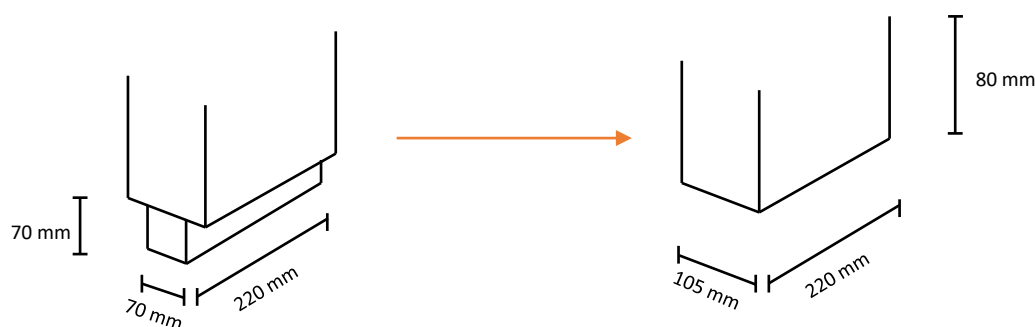


Figura 93: Remoção da base dos pés das dornas

2. Aquisição de novas bases para os pés

Com o objetivo de melhorar as bases dos pés das dornas, iniciaram-se negociações com o fornecedor responsável por este produto. A proposta consistia em adquirir novas bases para os pés das 10 dornas em operação na fábrica. Estas bases teriam as dimensões adequadas à largura e comprimento do pé das dornas e seriam fabricadas com um material reforçado, de modo a evitar quebras e garantir uma estrutura contínua e estável durante o transporte pelo MiR (Figura

94). Para formalizar esta solicitação, foi elaborado um documento explicativo intitulado “plano_alterações_dornas”, a ser apresentado ao fornecedor (Anexo III – Plano de alteração das dornas).

Contudo, após análise, o fornecedor informou que a aquisição deste componente específico não seria viável, uma vez que as dornas são um produto standard desenvolvido pela empresa, sem possibilidade de modificação ou retrabalho em partes isoladas.

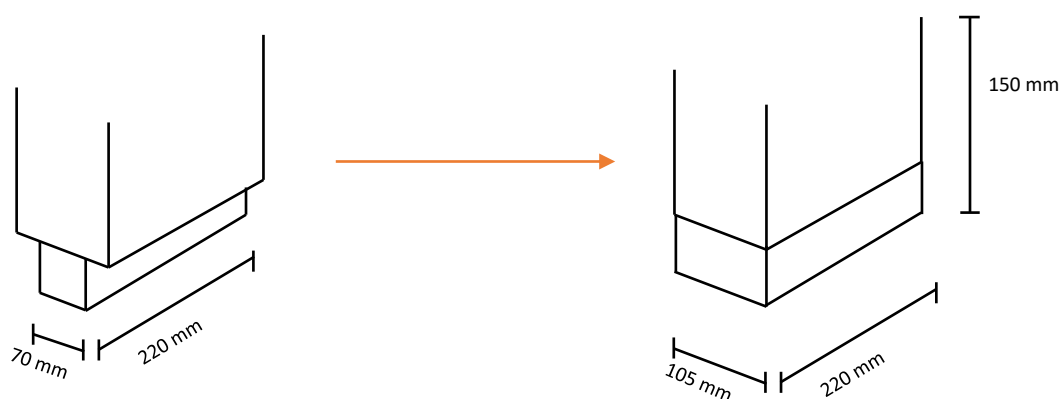


Figura 94: Novas bases com a largura total do pé

Dado que a aquisição de novas bases para os pés das dornas junto do fornecedor original não se revelou viável, optou-se por abordar a questão com a Serralharia Costa, empresa responsável pelas soluções internas em ferro e inox da APTIV. Durante uma visita do representante da empresa, foi apresentada e discutida a necessidade de reforçar as bases dos pés das dornas.

Após o debate, foi proposta uma solução que consistia no desenvolvimento de novas bases reforçadas para os pés das 10 dornas em utilização na fábrica. Estas bases seriam adaptadas às dimensões das dornas e exigiriam posterior instalação pela própria serralharia. Para dar seguimento à proposta, foram retiradas as medidas necessárias e enviado o documento "plano_alterações_dornas", previamente elaborado para o fornecedor.

Assim, num futuro próximo, as dornas estarão preparadas para serem integradas na rota do MiR, o que irá aumentar a produtividade do robô e, consequentemente, reduzir a carga de trabalho do colaborador responsável pela rota externa.

6.5. Conclusão e trabalhos futuros

6.5.1. Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo principal otimizar o uso do robô MiR 500 nas operações logísticas da empresa, reduzindo a sobrecarga do colaborador da rota externa e, simultaneamente, aumentar a eficiência do transporte de materiais. A análise realizada permitiu identificar uma série de problemas funcionais no MiR que comprometiam o seu desempenho, resultando num desperdício significativo de tempo e recursos. Foram propostas e iniciadas diversas ações corretivas para mitigar estes problemas, desde a substituição de componentes até melhorias no software e nas conexões de rede.

Embora não tenha sido possível comparar o estado atual com um cenário final completamente otimizado, devido à fase de implementação das soluções, os resultados preliminares indicam um progresso significativo. Após implementação de algumas soluções, já se nota uma maior eficiência do robô, o que sugere que estamos no caminho certo. A previsão é que, uma vez implementadas todas as ações propostas, o MiR 500 consiga responder a uma carga de trabalho significativamente maior, de forma autónoma e eficaz, libertando o colaborador da execução de tarefas repetitivas e de baixo valor.

Assim, apesar de não termos alcançado o cenário ideal de otimização total durante o período de execução do projeto, foi estabelecida uma base sólida para a transformação das operações logísticas da empresa.

6.5.2. Trabalhos futuros

Dada a complexidade e amplitude das mudanças propostas, há ainda vários passos a serem seguidos para garantir a completa automação das tarefas logísticas pelo robô MiR 500. Um dos pontos-chave que merecem atenção em trabalhos futuros é a conclusão da adaptação das dornas ao MiR para que possam ser transportadas de forma segura e eficiente pelo robô.

Adicionalmente, um trabalho futuro importante será a completa integração do transporte de gaiolas no sistema automatizado do MiR. Esta tarefa ainda requer um estudo detalhado para garantir a viabilidade técnica e ergonómica, além da adaptação do layout das plataformas e dos carrinhos de transporte.

Outro ponto essencial será a implementação completa e o teste das novas rotas de transporte, especialmente para a área de SMT. Uma vez testadas e ajustadas, estas rotas permitirão uma redução da intervenção humana nas operações logísticas, maximizando o potencial do MiR e proporcionando ganhos de produtividade consideráveis para a empresa.

Por fim, será também relevante continuar o acompanhamento do desempenho do robô após a implementação das soluções propostas, com foco na análise contínua da sua eficiência e na identificação de novas oportunidades de otimização. A manutenção regular do equipamento, bem como a resolução ágil de eventuais problemas, será essencial para assegurar que o MiR possa operar de forma contínua e sem interrupções, contribuindo para a melhoria contínua das operações logísticas da empresa.

7. Conclusão e trabalhos futuros

7.1. Conclusão

A presente dissertação abordou a análise e otimização de processos logísticos em dois projetos distintos de robôs móveis, o MiR 100 e o MiR 500, nos edifícios 1 e 2 da APTIV, com foco na eficiência, redução de desperdícios e automação. Ambas as iniciativas foram projetadas com base em critérios rigorosos, incluindo custo, eficiência do *milk run*, velocidade de entrega e adequação às normas de segurança e sustentabilidade. Os resultados obtidos indicam melhorias significativas tanto na gestão das rotas do MiR 100 quanto na utilização do MiR 500, possibilitando não apenas a redução de custos e o aumento da produtividade, mas também criando uma base sólida para a expansão futura dessas operações logísticas.

No projeto 1, foi realizada uma análise detalhada dos processos logísticos de entrega de materiais no edifício 1, utilizando o robô MiR 100. A pesquisa identificou várias ineficiências na rota atual, incluindo a falta de um *milk run* eficaz e o design inadequado dos *trolleys*, que resultam em desperdícios de tempo e recursos. A comparação das alternativas de rotas propostas, considerando critérios como custo de implementação, velocidade de entrega, e fiabilidade, indicou que a utilização de um operador humano na solução *Mizusumashi* foi a mais promissora. Essa solução elimina a necessidade de deslocamento dos operadores da SMT e garante um *milk run* eficiente. Embora existam desafios para sua implementação, como a necessidade de alocação de recursos humanos, o estudo contribui para a melhoria da eficiência logística da empresa, potencialmente reduzindo perdas financeiras e aumentando a produtividade.

O segundo projeto focou-se na implementação do MiR 500 no edifício 2 para transporte de materiais pesados, visando otimizar o fluxo logístico e a utilização do robô para reduzir a sobrecarga de tarefas repetitivas executadas por colaboradores. A implementação parcial das ações corretivas propostas já demonstrou ganhos na eficiência do robô, aproximando-o do objetivo de uma operação autônoma e livre de intervenções humanas frequentes. A nova rota para SMT foi projetada para maximizar a capacidade do MiR 500 e manter a integridade do ambiente de limpeza técnica, evitando a contaminação cruzada. Ainda que o processo completo de otimização não tenha sido concluído durante o período do projeto, a estrutura para uma logística automatizada foi estabelecida, prometendo transformar o transporte interno de materiais na empresa.

7.2. Sugestões de trabalhos futuros

Para ambos os projetos, a expansão da automação exige uma monitorização contínua dos resultados e uma avaliação constante das necessidades logísticas, incluindo a viabilidade de expansão de rotas e sistemas de transporte automatizados. A APTIV poderá considerar também, como parte das estratégias de melhoria contínua, o desenvolvimento de sistemas de monitorização remoto e manutenção preventiva, que permitam antecipar e mitigar falhas e paragens, minimizando o impacto na produção.

Relativamente ao projeto 1, podemos explorar a possibilidade de a longo prazo implementar um sistema de navegação adaptativo que permita que o robô otimize a rota em tempo real, ajustando-se às mudanças de layout e fluxo de trabalho. Para que desta forma garanta a fiabilidade pretendida, tornando-se uma solução mais apelativa. Por fim, uma integração direta do MiR com o sistema de gestão de inventário da empresa pode ser avaliada, permitindo ajustes automáticos na frequência de entrega com base na necessidade em tempo real.

Quanto ao projeto 2, a implementação parcial das ações corretivas demonstrou ganhos iniciais e indicou um potencial significativo para o sucesso do plano de ações proposto. Os próximos passos devem incluir a análise detalhada e o aperfeiçoamento da solução para o transporte de material a SMT, a conclusão da adaptação do trabalho com as dornas ao robô e o estudo das restantes adaptações possíveis destacadas na Figura 68. Com essas melhorias, espera-se alcançar um elevado nível de otimização no desempenho do robô e viabilizar a transição do colaborador da rota externa para funções de maior valor agregado dentro da empresa.

Estas projeções indicam que a otimização dos processos logísticos com robôs móveis será um diferencial competitivo para a APTIV, promovendo uma logística de valor agregado e sustentável, que apoia o crescimento e a transformação digital da empresa nos próximos anos.

Referências bibliográficas

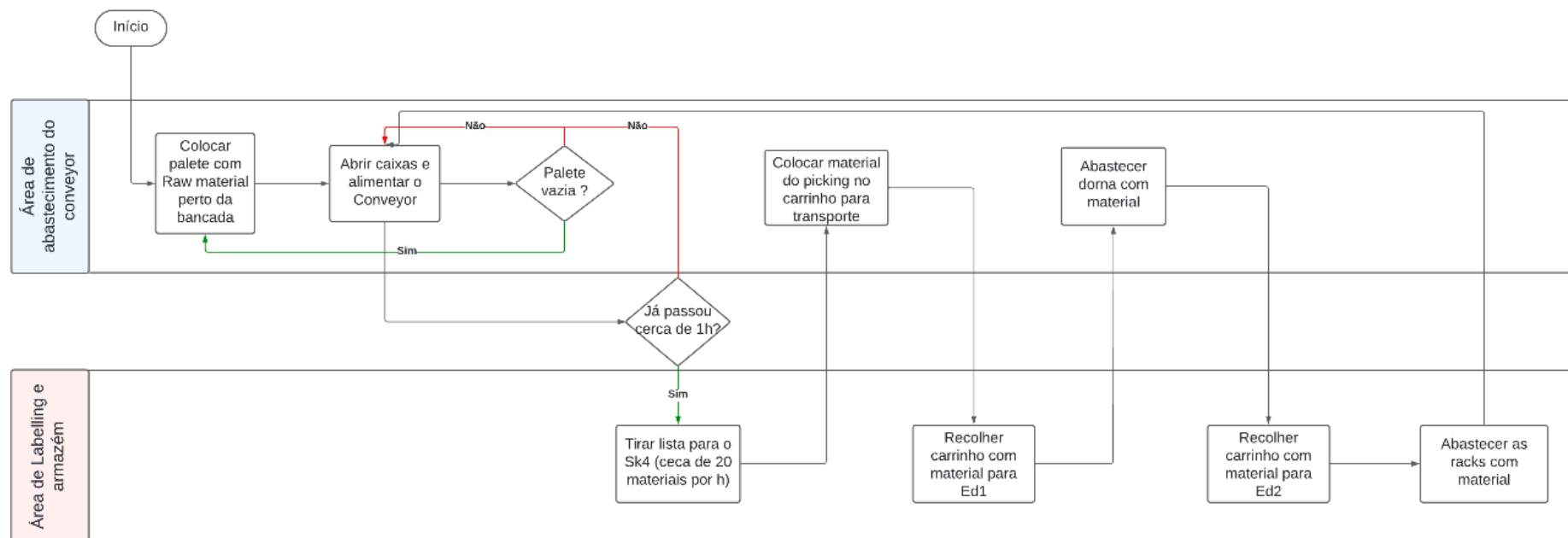
- Amazon. (2022). *10 years of Amazon robotics: how robots help sort packages, move product, and improve safety*. <https://www.aboutamazon.com/news/operations/10-years-of-amazon-robotics-how-robots-help-sort-packages-move-product-and-improve-safety>
- Ballou, R. H. (2006). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial*. Bookman.
- Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill Professional.
- Cronin, C., Conway, A., & Walsh, J. (2019). State-of-the-art review of autonomous intelligent vehicles (AIV) technologies for the automotive and manufacturing industry. *30th Irish Signals and Systems Conference, ISSC 2019*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ISSC.2019.8904920>
- Cuevas Castañeda, C. C. (2016). Ros-gazebo. una valiosa Herramienta de Vanguardia para el Desarrollo de la Robótica. *Publicaciones e Investigación*, 10(August), 145. <https://doi.org/10.22490/25394088.1593>
- Fragapane, G., de Koster, R., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J. O. (2021). Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda. In *European Journal of Operational Research* (Vol. 294, Issue 2, pp. 405–426). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.019>
- Fréour, L., Pohl, S., & Battistelli, A. (2021). How Digital Technologies Modify the Work Characteristics: A Preliminary Study. *Spanish Journal of Psychology*, February. <https://doi.org/10.1017/SJP.2021.12>
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). *Lean Construction Management: The Toyota Way*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-287-014-8>
- Ghelichi, Z., & Kilaru, S. (2021). Analytical models for collaborative autonomous mobile robot solutions in fulfillment centers. *Applied Mathematical Modelling*, 91, 438–457. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.09.059>
- Guizzo, E. (2008). Three Engineers, Hundreds of Robots, One Warehouse. In *IEEE Spectrum*, 45, 26–34.
- Harapanahalli, S., Mahony, N. O., Hernandez, G. V., Campbell, S., Riordan, D., & Walsh, J. (2019). Autonomous navigation of mobile robots in factory environment. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1524–1531. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.134>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.
- Kaizen, I. (2021a). *Kaizen Institute Portugal*. <https://pt.kaizen.com/>
- Kaizen, I. (2021b). KARAKURI. *Kaizen Institute Brasil*, 6. <https://kaizen.com/pt-br/#>
- Leitão, P., Colombo, A. W., & Karnouskos, S. (2016). Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges. *Computers in Industry*, 81, 11–25. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.08.004>
- Liker, J. K. (1997). *Becoming Lean: Inside stories of US manufacturers*. Portland: Productivity

Press.

- Liker, J. K. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- MiR. (2024). *AGV vs AMR - What's the difference?* Robôs Industriais Móveis. <https://mobile-industrial-robots.com/blog/agv-vs-amr-whats-the-difference>
- Moravec, H. (2003). Robots, after all. *Communications of the ACM*, 46(10), 91–97. <https://doi.org/10.1145/944217.944218>
- Motors, O. (2021). *AGV vs AMR: A comparison of automated material transport*. <https://ottomotors.com/blog/amr-vs-agv-a-comparison-of-automated-material-transport/>
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *University of Toronto*, 1–15.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- P. Womack, J., & T. Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. NY: Free Press, Simon & Schuster.
- Perron, M. (2021). *Lean 4.0 at a glance*. Lean 4.0. <http://lean4zero.com/overview/>
- Ribeiro, J. M. (2017). O conceito da indústria 4.0 na confecção: análise e implementação. *Universidade Do Minho*, 99. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49413>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). Artificial intelligence. In *2010 The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering, ICCAE 2010* (Vol. 4). <https://doi.org/10.1109/ICCAE.2010.5451578>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Prentice Hall, Harlow, England: Pearson Education Limited.
- Shingo, S. (2019). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Routledge.
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2015-Janua*, 697–701. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728>
- Soares, B. (2021). A Evolução Histórica do Universo Industrial. *Linkedin*. <https://www.linkedin.com/pulse/evolucao-historica-do-universo-industrial-barbara-blacutt/>
- Sousa, E. D. D. de. (2015). *Aplicação de Ferramentas Lean e Gestão da Manutenção numa metalomecânica*.
- Taner, S. (2017). *MediaInfo Corporate Communications Audi wins VDA Logistics Award for automated vehicle transport Audi MediaInfo*. 7–8.
- Valamede, L. S., & Akkari, A. C. S. (2020). Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5(5), 854–868. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2020.5.5.066>

- Van Dam, K. H., Ottjes, J. A., Lodewijks, G., Verwater - Lukszo, Z., & Wagenaar, R. W. (2004). Intelligent infrastructures: Distributed intelligence in transport system control - An illustrative example. *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 5, 4650–4654. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2004.1401265>
- VDA19.2. (2010). *Technical cleanliness in assembly, Environment, Logistics, Personnel and Assembly Equipment* (1 edition).
- Wang, Q., McIntosh, R., & Mileham, A. (2010). A RFID-based automated warehouse design. *ICCET 2010 - 2010 International Conference on Computer Engineering and Technology, Proceedings*, 6, V6-359-V6-363. <https://doi.org/10.1109/ICCET.2010.5486197>
- Yan, R., Jackson, L., & Dunnett, S. (2020). A study for further exploring the advantages of using multi-load automated guided vehicles. *Journal of Manufacturing Systems*, 57(June), 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.08.005>
- Yeong, D. J., Velasco-hernandez, G., Barry, J., & Walsh, J. (2021). Sensor and sensor fusion technology in autonomous vehicles: A review. *Sensors*, 21(6), 1–37. <https://doi.org/10.3390/s21062140>

Anexo I – Fluxograma do colaborador de abastecimento do *conveyor*



Anexo II - Tempos de rota do MiR para o dia 23 de abril

23/04/2024			
Contagem	Nr missão	Tipo de missão	Run time
1	1	Feita	0,26
1	2	Feita	6,48
1	3	Feita	2,55
1	4	Feita	4,05
1	5	Feita	6,15
1	6	Feita	5,34
1	7	Feita	3,45
1	8	Feita	7,46
1	9	Feita	4,57
1	10	Feita	3,32
1	11	Feita	5,04
1	12	Feita	4,54
1	13	Feita	23,5
1	14	Feita	4,08
1	15	Feita	5,12
1	16	Feita	4,57
1	17	Feita	5
1	18	Feita	6,41
1	19	Feita	4,55
1	20	Feita	4,4
1	21	Feita	5,21
1	22	Feita	4,05
1	23	Feita	6,53
1	24	Feita	6,49
1	25	Feita	4,4
1	26	Feita	3,09
1	27	Feita	8,28
1	28	Feita	3,58
1	29	Feita	3,39
1	30	Feita	6,15
1	31	Feita	7,35
1	32	Feita	7,16
1	33	Feita	3,43
1	34	Feita	3,37
1	35	Feita	6,56
1	36	Feita	5,41
1	37	Feita	6,15
1	38	Feita	6,12
1	39	Feita	7,3

1	40	Feita	4,54
1	41	Feita	7,52
1	42	Feita	5,34
1	43	Feita	5,3
1	44	Feita	3,47
1	45	Feita	3,38
1	46	Feita	6
1	47	Feita	6,58
1	48	Abortada	9,55
1	49	Feita	3,25
1	50	Feita	5,23
1	51	Feita	7,35
1	52	Abortada	4,22
1	53	Feita	3,52
1	54	Feita	7,3
1	55	Feita	5,48
1	56	Abortada	17,31
1	57	Feita	8,49
1	58	Feita	5,23
1	59	Feita	30,51
1	60	Feita	4,13
1	61	Feita	7,3
1	62	Feita	4,1
1	63	Feita	7,18
1	64	Feita	3,5
1	65	Feita	5,18
1	66	Feita	4,19
1	67	Feita	8,5
1	68	Feita	8
1	69	Feita	12,52
1	70	Feita	4,7
1	71	Feita	3,38
1	72	Feita	7,26
1	73	Feita	4,11
1	74	Feita	6,52
1	75	Abortada	1,54
1	76	Feita	9,35
1	77	Feita	5,03
1	78	Feita	6,09
1	79	Feita	3,29
1	80	Feita	10,52
1	81	Feita	6,26
1	82	Feita	3,29
1	83	Feita	5,18
1	84	Feita	14,39

1	85	Feita	3,29
1	86	Feita	6,2
1	87	Feita	6,11
1	88	Feita	12,26
1	89	Feita	8,17
1	90	Abortada	2,47
1	91	Feita	3,47
1	92	Abortada	0,28
1	93	Feita	3,21
1	94	Feita	3,56
1	95	Feita	3,4
1	96	Feita	5,13
1	97	Feita	4,25
1	98	Feita	6,03
1	99	Feita	4,55
1	100	Feita	6,27
1	101	Feita	7,15
1	102	Feita	4,19
1	103	Feita	6,47
1	104	Abortada	1,5
1	105	Feita	4,06
1	106	Feita	18,41
1	107	Feita	4,57
1	108	Feita	13,1
1	109	Abortada	6
1	110	Abortada	4,5
1	111	Feita	4,34
1	112	Feita	6,42
1	113	Abortada	6,52
1	114	Abortada	7,52
1	115	Feita	4,44
1	116	Feita	6,11
1	117	Feita	6,03
1	118	Abortada	5
1	119	Abortada	9,58
1	120	Feita	5,04
1	121	Feita	9,38
1	122	Feita	4,55
1	123	Feita	4,03
1	124	Feita	5,51
1	125	Abortada	6,27
1	126	Feita	7,28
1	127	Abortada	9,11
1	128	Abortada	4,56
1	129	Abortada	1,13

1	130	Feita	5,12
1	131	Abortada	6,58
1	132	Abortada	14.16
Total			793,06

Anexo III – Plano de alteração das dornas

	Plano de alterações nas dornas
---	--------------------------------

PRODUTO: Dornas internas

1. INTRODUÇÃO

Este documento define as alterações necessárias a serem executadas nas dornas utilizadas na APTIV Braga.

2. CONTACTOS

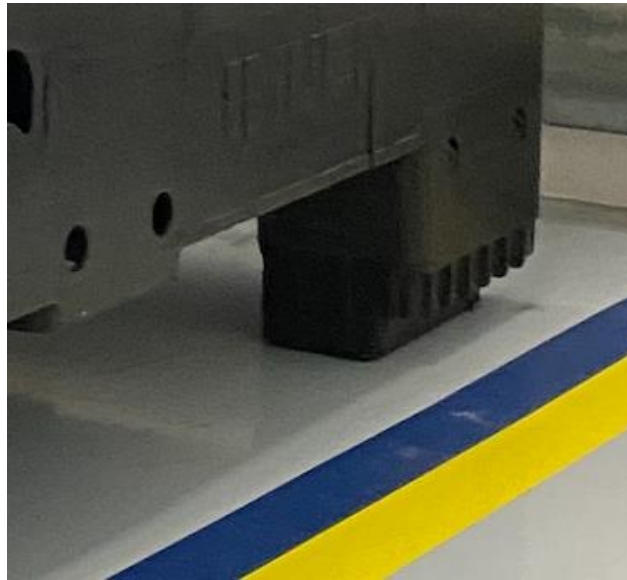
André Simões

Mail : Andre.Goncalves.Simoes@aptiv.com

3. ESTADO ATUAL

1. Base da dorna muito estreita não garantindo estabilidade para que o transporte das mesmas seja efetuado pelo MiR 500.
2. Base da dorna muito frágil, originando danos no material com facilidade.

Exemplo representativo da base muito estreita (1).

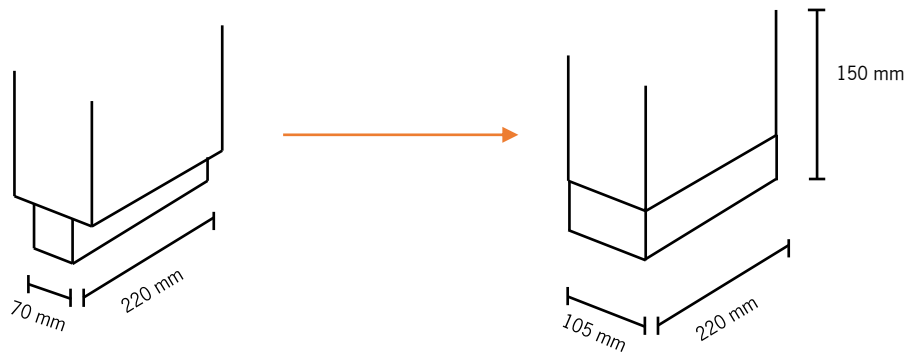


Exemplo representativo da fragilidade da base da dorna.



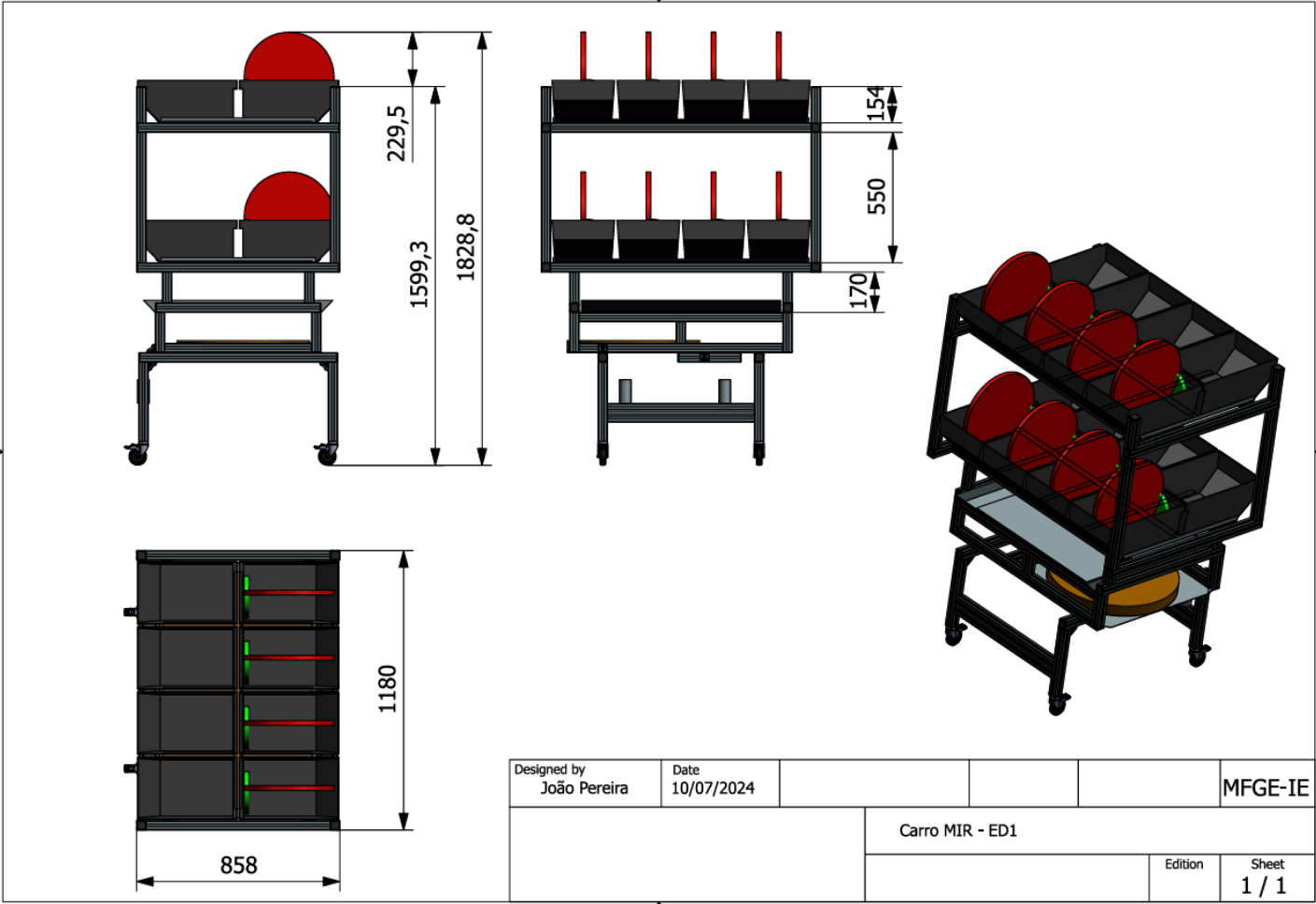
4. ALTERAÇÕES PEDIDAS

1. Alargamento do perfil do pé para as medidas 105 x 220 mm conforme ilustrado na figura.



2. Com vista a prevenir a quebra da base com facilidade é necessário que o material do novo pé seja reforçado.

Anexo IV – Desenho técnico da estrutura para a rota de entrega por pontos



Anexo V – Desenho técnico estrutura de transporte de rolos para SMT

