

Melhoria dos fluxos de produtos num centro logístico na indústria da moda

Nuno Montenegro Ferreira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2016-01-21

À minha namorada

À minha família

A todos os meus amigos

“Either write something worth reading or do something worth writing.”

Benjamin Franklin

Resumo

Em resposta ao acentuado crescimento nos últimos anos, aumento constante do número de lojas e consequente aumento na expedição de artigos, a Parfois tomou a decisão de construir um novo centro Logístico, localizado em Canelas.

Este novo armazém pretende responder ao aumento diário do número de peças expedidas, garantindo uma operação mais eficaz, assegurando, por esta via, uma efetiva vantagem competitiva para a empresa. Para que tal seja possível, e de forma a corresponder às exigências do mercado de *fast-fashion*, a Parfois conta com uma equipa responsável por melhorar os fluxos internos do novo centro logístico, tornando-o o mais eficiente possível.

O presente projeto surge neste âmbito de melhoria, incidindo sobre um processo específico, resultado do *picking* pesado manual, que recai sobre os artigos de maiores dimensões, como o calçado, carteiras e vestuário, excluindo a bijuteria e artigos de cabelo.

A metodologia de trabalho adotada consistiu, numa fase inicial, na análise detalhada de todos os componentes do processo: *layout* dos postos de trabalho, *container* para transporte de produtos, decisões tomadas pelo sistema de controlo e sistema de transporte do produto. A fase seguinte passou por um estudo de soluções para melhorar estes pontos, tendo como objetivo principal o aumento da produtividade. Sempre que foi observado potencial nas ideias, estas foram testadas no terreno para comprovar o seu impacto na prática. Todas as alterações efetuadas aos postos de trabalho e ao *container* foram resultado de vários protótipos criados anteriormente.

No que diz respeito às decisões do sistema e ao transporte do produto, não foi possível comprovar o impacto das soluções finais no terreno. No entanto, foram realizados os testes e simulações necessárias para que exista garantia de fiabilidade.

Neste projeto pode-se concluir que o sistema de transporte mais vantajoso é o sistema com *mizusumashi*, que as alterações de *layout* se traduzem num aumento de eficiência das atividades decorridas em armazém e que o algoritmo desenhado implicará uma potencial redução de 50% no número de carrinhos a circular. Como perspetivas futuras salienta-se a implementação das alterações realizadas nas tomadas de decisão do processo, assim como a implementação da solução de sistema de transporte. Prevê-se que estas alterações tenham como consequência o aumento da produtividade na distribuição do produto dentro do armazém e constituam um fator decisivo para alcançar o objetivo traçado inicialmente pela empresa para o centro Logístico de Canelas: capacidade para abastecer até 1100 lojas.

Improvement of product flows in a logistics center in the Fashion industry

Abstract

In response to the constant growth in the recent years and the continuous increase of the number of stores and in the number of shipped items, Parfois decided to build a new Logistics Center in Canelas.

In this new facility, Parfois expects to satisfy the increasing demand, by improving the effectiveness of operations and to enhance the competitive advantage of the company.

Regarding this upgrade of the new Logistics Center operations, with a new WMS and investment in automation, this project seeks to improve the manual picking of the larger and heavier items such as footwear, bags and clothing, excluding jewelry and hair accessories.

The work methodology consisted in a detailed analysis of all the process phases: workplaces layout, containers for carrying the items, control system decisions and transport system. Subsequently, a brainstorming period was held to create new ideas for tackling these phases. Granting priority to the ideas with more potential, these were several times tested in the field to confirm their real impact. Therefore, most of the modifications made to the container and workplaces were firstly tested in working prototypes.

Regarding the transport system and control system decisions, it was not possible to implement the final solutions. However, the necessary trials and simulations were carried out to ensure their reliability once concluded.

With this project it may be assumed that the most advantageous transport system is a mizusumashi, together with the layout modifications which will successfully improve the efficiency of the warehouse activities. Finally, it was calculated that the newly designed conversion process will lead to a decrease by 50% of the number of circulating containers.

Further work needs to be done to finalize the development of the specified decision-making and transport systems. It is expected that the execution of these implementations will highly contribute to the productivity of the items distribution inside the warehouse; therefore, these changes will be a critical factor to accomplish the original goal for the new Logistics Center: the capacity needed to supply up to 1100 stores.

Agradecimentos

À minha namorada, Anita, por ter estado sempre ao meu lado e me ter ajudado em todos os momentos.

À minha mãe e ao meu pai pelos conselhos baseados numa grande experiência profissional e por todo o apoio ao longo do meu percurso académico.

À Inês e ao meu irmão pelos conselhos e ajuda ao longo do projeto.

À engenheira Luísa Pereira pela grande ajuda diária e por ter sido uma das pessoas que mais puxou pelas minhas capacidades e com quem mais aprendi até hoje.

Ao meu orientador, engenheiro Eduardo Gil da Costa, pela sua disponibilidade e apoio ao longo do projeto.

Ao João pelo companheirismo e ajuda diária ao longo destes meses.

Aos restantes membros da equipa dos novos projetos da logística, Ricardo, Tiago, Pedro, Fernando, Mafalda, pelo companheirismo e amizade.

Ao engenheiro Nuno Fontes por todos os conselhos e partilha de experiência.

A todos os colaboradores da empresa, em especial à equipa de melhorias, que foram um fator decisivo para o sucesso deste projeto.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da empresa	1
1.2	Enquadramento do projeto e motivação	2
1.3	Objetivos do projeto	3
1.4	Estrutura da dissertação	3
2	Revisão bibliográfica	5
2.1	Filosofia Lean	5
2.1.1	História do Lean	5
2.1.2	Técnicas <i>Lean</i>	6
2.2	Sistemas convencionais de transporte	10
2.3	Automated Guided Vehicles	10
2.3.1	Tipos de AGV no mercado	10
2.3.2	Navegação dos AGV	12
2.3.3	Gestão de tráfego e controlo dos AGV	14
2.3.4	Vantagens dos AGV	15
2.4	Mizusumashi	15
3	Situação inicial	17
3.1	Descrição dos processos	18
3.1.1	Receção	18
3.1.2	Arrumação	19
3.1.3	Picking e separação	20
3.1.4	Expedição	22
3.2	Picking pesado manual	22
3.2.1	Algoritmo para <i>picking</i> pesado manual	23
3.2.2	Zona de conversão	24
3.2.3	Zona dos túneis	24
3.2.4	Tratamento de sobras	25
3.3	Pontos de melhoria	26
4	Melhoria dos fluxos dos produtos de picking pesado manual no armazém E2	30
4.1	Alterações ao <i>layout</i> e carrinhos abastecedores	30
4.1.1	Zona de Conversão	30
4.1.2	Zona dos Túneis	33
4.1.3	Tratamento de sobras	34
4.1.4	Carrinhos abastecedores	35
4.2	Novo processo	37
4.3	Sistema com AGV	41
4.4	Sistema com <i>order-picker</i>	45
4.5	Análise comparativa dos 3 sistemas de movimentação	48
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro	50
	Referências	52
ANEXO A:	Novo Layout da zona de conversão	53
ANEXO B:	Novo Layout da zona dos túneis	54
ANEXO C:	Novo Layout do tratamento de sobras	55
ANEXO D:	Cálculos no teste de múltiplos códigos de barra num carrinho	56
ANEXO E:	Cálculos para determinação do número de túneis por carrinho na semana 51	57
ANEXO F:	Possível percurso do AGV Kivnon K11BGMP1	58
ANEXO G:	Fluxograma do sistema com AGV	59

ANEXO H:	Rota do AGV.....	60
ANEXO I:	Estrutura com as dimensões do AGV e testes no terreno	61
ANEXO J:	Fluxograma do sistema com order-picker	62
ANEXO L:	Protótipos de ecrã no sistema com order-picker.....	63
ANEXO M:	Rota do mizusumashi	65
ANEXO N:	Fluxograma do sistema com mizusumashi	66
ANEXO O:	Cenários possíveis dos sistemas	67
ANEXO P:	Cálculo dos tempos e capacidades dos sistemas.....	69

Índice de Figuras

Figura 1: Distribuição mundial das lojas Parfois e franchisadas (Fonte: Parfois).....	1
Figura 2: Evolução da faturação de 2010 a 2015 (Fonte: Parfois)	2
Figura 3: Como é captada a informação pelo ser humano.....	8
Figura 4: Exemplo de disposição de indicadores de desempenho.....	8
Figura 5: Exemplo de sinalética a utilizar.....	9
Figura 6: Exemplos de organograma e fluxograma	9
Figura 7: Quadro para discussão de ideias e organização de tarefas.....	9
Figura 8 : Exemplo de máquinas utilizadas nos sistemas convencionais de transporte	10
Figura 9: Exemplo de AGV empilhador.....	11
Figura 10: Exemplo de AGV de carga	11
Figura 11: Exemplo de AGV com atrelado.....	11
Figura 12: Mail Mobile AGV (à esquerda); High Reach Aerospace Inspection AGV (à direita)	12
Figura 13: Sistema de guiamento por fios (Fonte: Hitachi Logistics).....	12
Figura 14: Porta-paletes (à esquerda); Mizusumashi (à direita).....	16
Figura 15: <i>Layout</i> do Centro Logístico de Canelas.....	17
Figura 16: Desenho 3D do Armazém E1 - Centro Logístico Canelas	18
Figura 17: Fluxo de produto no centro logístico de Canelas	18
Figura 18: Desenho 3D da zona de receção	19
Figura 19: Arrumação pesada (à esquerda); Arrumação fina (à direita)	19
Figura 20: Desenho 3D do Armazém E2 - Centro Logístico Canelas	20
Figura 21: Distribuição automática no túnel pequeno (à esquerda); Exemplo do sistema Put-to-Light (à direita).....	21
Figura 22 : Sorter da expedição (à esquerda); Paletização da mercadoria na expedição (à direita)...	22
Figura 23: Carrinho abastecedor (à esquerda); Ponte de ligação do Armazém E1 ao B (à direita)	23
Figura 24: <i>Layout</i> do túnel grande	24
Figura 25: Ecrã do PDA para conversão de carrinhos (à esquerda); operador a converter peças para carrinho (à direita)	24
Figura 26 : <i>Layout</i> dos túneis pares 4 a 10.....	25
Figura 27: Postos de trabalho - Tratamento de sobras	25
Figura 28: Desorganização na zona de conversão.....	26
Figura 29: Carrinho de cartão (à esquerda); Operador a colocar cartão no contentor (à direita)	26
Figura 30: Desorganização à entrada do túnel	27
Figura 31: Distância entre a zona de conversão e o tratamento de sobras	27
Figura 32: Carrinho abastecedor com pouco produto.....	28
Figura 33: Problemas com os carrinhos abastecedores (à esquerda, um carrinho abastecedor a impedir a passagem de um carro transportador de <i>containers</i> ; à direita, operador com dificuldade em alcançar produto do carrinho)	28
Figura 34: Zona dos túneis (60m*35m).....	29
Figura 35 : <i>Layouts</i> de postos de conversão testados no terreno	30

Figura 36 : <i>Layout</i> final do posto de conversão	31
Figura 37 : Fotos do antes e depois das mudanças no armazém para recolocação da zona de conversão	32
Figura 38 : <i>Layout</i> antes e depois da mudança da zona de conversão	32
Figura 39 : Protótipo de caixote do lixo (à esquerda); Protótipo de suporte para ecrã e pistola scanner (à direita)	33
Figura 40 : Linha de cartão (à esquerda); Contentor com prensa (à direita).....	33
Figura 41 : <i>Layout</i> final da entrada dos túneis	34
Figura 42 : Protótipo de <i>layout</i> na zona de tratamento de sobras	34
Figura 43 : <i>Layout</i> final da zona de tratamento de sobras.....	35
Figura 44 : Protótipos de carrinhos abastecedores	35
Figura 45 : Desenho 2D Protótipo final de carrinho abastecedor (à esquerda) Foto do protótipo (à direita).....	37
Figura 46 : Teste de múltiplos códigos de barra num carrinho	38
Figura 47: Carrinho com sistema de 3 códigos de barra	39
Figura 48 : Protótipos de menus de PDA da conversão de carrinhos	39
Figura 49 : Pistola scanner (à esquerda); Código de barras do carrinho (ao centro); Código de barras do operador(à direita)	40
Figura 50 : Protótipo de ecrã de indicação de estado do carrinho	40
Figura 51: Protótipos de ecrãs do PDA para o tratamento de sobras	41
Figura 52 : AGV da Kivnon - modelo K11BGMP1-400 dois sentidos	41
Figura 53 : Processo de decisão do sistema	42
Figura 54 : Movimentos do AGV na zona de conversão (à esquerda); Exemplo de leitor (à direita)...	43
Figura 55 : Processo de decisão no leitor	43
Figura 56 : Critérios de decisão do próximo destino do AGV	44
Figura 57 : <i>Layout</i> das rotas dos AGV	45
Figura 58 : Adaptador do order-picker para carrinhos abastecedores	45
Figura 59 : Ecrãs de PDA para recolha dos carrinhos abastecedores	46
Figura 60: Ecrãs de PDA para distribuição dos carrinhos abastecedores	46
Figura 61 : Protótipo de atrelado para <i>mizusumashi</i>	47
Figura 62 : <i>Layout</i> da rota do <i>mizusumashi</i>	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 : Resultados do estudo da conversão de banheira.....	31
Tabela 2 : Análise dos 3 sistemas de transporte	48
Tabela 3 : Análise da capacidade dos 3 sistemas de transporte.....	48
Tabela 4: Custo estimado de cada sistema de transporte.....	49

1 Introdução

O presente projeto foi desenvolvido no âmbito da dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão no 1º semestre do ano letivo 2015/2016 e realizado em ambiente empresarial na Parfois.

1.1 Apresentação da empresa

Em 1994, com a abertura de uma loja de acessórios de moda feminina na rua Santa Catarina no Porto, deu-se início à história daquela que é hoje uma empresa de matriz assumidamente global na indústria de acessórios para mulher, cujo valor de vendas internacionais já excede largamente o das vendas domésticas, proporcionando à Parfois a liderança do mercado em Portugal. Uma oferta variada de produtos com design próprio é o cerne da vantagem competitiva que permitiu o seu elevado crescimento nos últimos anos.

O crescimento da Parfois iniciou-se com a expansão nacional, projetando-se em 1999 para o mercado internacional com a abertura da primeira loja franchisada no Chipre. Desde então a empresa tem vindo a crescer a um ritmo entre 20 a 30% ao ano. O acentuado aumento do número de lojas resultou num crescimento muito forte das vendas que registaram a partir de 2009 um ritmo de crescimento de 20%, atingindo 32% em 2010. A fim de ser capaz de responder cabalmente aos desafios colocados por este crescimento, o setor logístico da empresa viu-se forçado a reorganizar-se e fortalecer-se em termos tecnológicos e humanos.

Os valores apurados no final de 2015 indicam que a Parfois se encontra presente em 53 países, e conta com 624 lojas, tal como reflete a Figura 1. Deste total, o número de lojas próprias representam 66% das vendas totais da empresa, as franchisadas 33% e as vendas *online* 1%.



Figura 1: Distribuição mundial das lojas Parfois e franchisadas (Fonte: Parfois)

No ano de 2012 a marca estreou-se no comércio *online*, com capacidade de comercialização de todos os artigos para 25 países a partir desta plataforma.

A Figura 2 demonstra o acentuado crescimento que a empresa viveu desde 2010 até 2015, aumentando o valor de faturação de 55M€ para 217M€ num período de 6 anos.

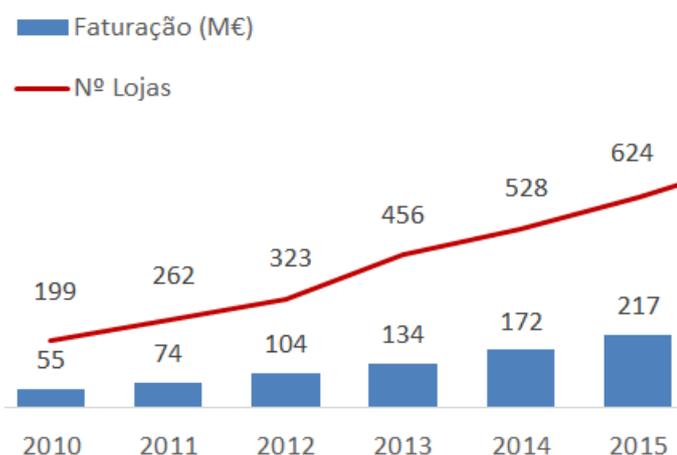


Figura 2: Evolução da faturação de 2010 a 2015 (Fonte: Parfois)

O ano de 2014 ficou marcado por um foco no mercado espanhol, tendo o número de lojas excedido o de Portugal, bem como pela abertura de um centro logístico em Hong Kong capaz de suportar a distribuição no emergente mercado asiático. De forma a satisfazer as necessidades inerentes ao objetivo de alcançar 1100 lojas nos próximos 4 anos, a empresa decidiu criar um novo centro logístico com 33000m² em Canelas, Vila Nova de Gaia.

A transferência do centro logístico de Rio Tinto para Canelas foi realizada em Outubro de 2015. Este novo armazém destaca-se pela automação de processos que permite uma maior capacidade e velocidade operacional. Todos estes processos são suportados por um novo *Warehouse Management System* (WMS) desenvolvido pela Retail Consult.

A qualidade e dimensão deste centro logístico são cruciais para a concretização dos objetivos da empresa e vão permitir que a Parfois possa continuar a crescer, oferecendo sempre um bom serviço aos seus clientes.

1.2 Enquadramento do projeto e motivação

Com este novo armazém pretende-se suportar o crescimento do número de lojas Parfois ao longo dos próximos 4 anos. Tendo esse objetivo em vista, a necessidade de otimizar os seus fluxos internos é uma tarefa essencial para manter a sustentabilidade do novo centro logístico e criar uma vantagem competitiva para a empresa.

É com esta necessidade de otimização que surge o projeto abordado na presente dissertação, que consiste na melhoria da movimentação do produto no armazém, com destaque para o abastecimento às zonas de separação para as lojas.

A logística atual da movimentação de produto no centro logístico é efetuada pela linha de automação, constituída por transportadores de rolos e tela, e por equipamentos de movimentação convencionais, como empilhadores e porta paletes, conduzidos por colaboradores.

A forma convencional é principalmente usada para movimentação de paletes de produto e arrumação em *racks*, enquanto que a linha de automação se encontra desenhada para o processo de separação automática de produto pelas lojas e movimentos de caixas finais para loja. É neste abastecimento de produto para separação que se encontram oportunidades de

melhoria, dado que existe um desequilíbrio entre quantidade de produto e volume disponível nos containers de abastecimento automático para separar o produto pelas lojas. É com esta restrição que surge a necessidade de uso de *containers* de maiores dimensões para abastecimento manual às zonas de separação, cujo movimento tem de ser feito por métodos convencionais ou robôs de transporte.

1.3 Objetivos do projeto

O projeto abordado nesta dissertação tem em vista o desenvolvimento de um sistema de transporte de produto dentro do armazém. Numa fase inicial, o sistema será implementado numa operação específica já existente.

No momento em que são requisitados artigos em grandes quantidades, os *containers* que circulam nas linhas transportadoras não têm capacidade para transportar estas quantidades, havendo necessidade de se utilizarem *containers* de maiores dimensões. No entanto, estes *containers* não poderão circular nos tapetes existentes, devido às restrições dimensionais da linha, tendo os mesmos de ser transportados manualmente pelos colaboradores. Perante este cenário, o objetivo será substituir este sistema manual por outro mais vantajoso.

Demonstrado o sucesso deste sistema, o mesmo poderá ser implementado noutras operações, nomeadamente na operação de transporte de paletes para arrumação e alimentação de máquinas.

O presente projeto será integrado no novo centro logístico de Canelas com o intuito de tornar os seus processos ainda mais automatizados, aumentar a produtividade da separação de produto e reduzir custos.

De modo a alcançar os objetivos propostos, o projeto divide-se em 4 etapas fundamentais:

1. Escolha do protótipo de carrinho abastecedor a utilizar para transporte das peças;
2. Escolha do *layout* para o posto de trabalho de conversão de produto das paletes para os carrinhos abastecedores;
3. Desenho das rotas a percorrer pelo veículo transportador;
4. Análise dos resultados e implementação noutras operações do centro logístico.

Importa referir que, por razões de confidencialidade, os dados utilizados em análises ao longo da dissertação foram todos multiplicados por um fator.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos principais.

Neste primeiro capítulo foi dada a conhecer a empresa Parfois e o modelo de negócio que pratica, englobando também uma introdução ao projeto e aos seus objetivos.

O segundo capítulo define uma base teórica para os procedimentos. Numa parte inicial irão ser apresentados métodos *lean* que permitirão obter uma boa organização ao longo dos trabalhos. Numa segunda parte será feita uma abordagem aos *automated guided vehicles* (AGV) definindo o conceito destes robôs, os seus componentes e a forma como circulam. Ainda neste capítulo, serão apresentados conceitos relativos à automação de processos em armazéns.

O terceiro capítulo apresenta o estado inicial do armazém de Canelas. Em primeiro lugar são apresentados de forma sucinta todos os processos existentes no centro logístico e, de seguida, será apresentado com mais detalhe o processo relativo à conversão de produto para os carrinhos abastecedores.

No quarto capítulo são apresentadas as alternativas de *layouts* dos postos de trabalho obtidas ao longo do projeto, que conduziram aos *layouts* finais. Também aqui será explicado o novo processo de conversão e os novos movimentos do operador nos postos. No mesmo capítulo, são apresentados todos os protótipos criados para o carrinho abastecedor e o modelo final. Por fim são apresentados os 3 sistemas de transporte dos carrinhos abastecedores, AGV, *order-picker* e *mizusumashi*, terminando com uma análise comparativa da produtividade destes sistemas.

No quinto e último capítulo é apresentada uma síntese de todo o trabalho desenvolvido, sendo descritas as principais conclusões obtidas e sendo dadas sugestões para trabalhos futuros, de forma a implementar e melhorar os novos processos desenhados.

2 Revisão bibliográfica

Neste capítulo são abordados os temas teóricos mais adequados para o entendimento do problema atual. Tendo em conta o tema, é apropriado começar por explicar a filosofia Lean, que vai servir de base para o presente projeto.

2.1 Filosofia Lean

A filosofia Lean reúne os princípios fundamentais para as empresas que nos dias de hoje se propõem a alcançar patamares mais elevados no seu desempenho. É definida como *lean thinking, lean manufacturing ou TPS (Toyota Production System)*.

2.1.1 História do Lean

A filosofia Lean foi desenvolvida nos anos 50 e é atualmente usada por empresas de todo o mundo. O termo *lean* foi proposto inicialmente por Womack et al (1992). Inicialmente este conceito era apenas aplicado em empresas de produção, daí as designações de *lean manufacturing e lean production*, porém o termo rapidamente se alastrou para outras áreas, entre as quais a logística (Leite e Vieira 2015).

O conceito tem raízes na produção em massa da indústria automóvel, mais especificamente na linha de montagem criada por Henry Ford. Os diretores da Toyota, após um estudo alargado, chegaram a conclusões interessantes. O foco principal desse estudo foi o texto *Today and Tomorrow*, um livro escrito em 1926 por Henry Ford (Koenig & Bauer Group 2015).

Neste livro Henry Ford fala da ideia de uma linha de montagem resultante da soma de várias experiências bem sucedidas que observou: a montagem de espingardas desenvolvida por Eli Whitney, em 1798; o moinho automatizado, desenvolvido por Oliver Evans, em 1783; os métodos aplicados por Elihu Root para acelerar a produção do revólver de Samuel Colt, em 1849; e as operações repetitivas dos empacotadores de carne, em Chicago (Jornal Paraná 2013).

Infelizmente esta linha de montagem estava limitada a uma produção muito estandardizada, como podemos verificar pela famosa citação de Henry Ford “*You can have the Model T in any color, as long as it is black*” (Koenig & Bauer Group 2015).

Como é do conhecimento comum, nem sempre os armazéns possuem o mesmo produto de forma massiva. Os armazéns podem gerir inúmeros tipos de produtos, com diferentes formatos e pesos, daí que esta metodologia pouco flexível não se enquadre da mesma forma em todas as áreas. É desta forma que se coloca em questão como poderá a filosofia *lean* ser aplicada a um centro logístico.

Em 1996 James Womack e Daniel Jones, definem no seu livro “*Lean Thinking*” os princípios pelos quais se rege a filosofia *lean*: o valor, a cadeia de valor, o fluxo, o sistema *Pull* e a perfeição. A filosofia *lean* passa assim a ser definida como uma ideologia organizativa de um negócio para que todas os desperdícios sejam eliminados ou fortemente reduzidos de forma a

umentar a produtividade. Neste obra os autores ilustraram a diferença de desempenho significativa entre as indústrias automóveis japonesas e as ocidentais. Descreveram os principais elementos responsáveis pelo desempenho superior das indústrias japonesas que usavam menos esforço humano, investimento de capital, instalações, *stocks* e tempos de produção e distribuição (Pedrão 2014).

Com estas alterações no conceito acima enunciado, os campos de aplicação da filosofia *lean* passam a ser processos de produção, oficinas, armazéns, escritórios e muitas mais áreas onde o objetivo seja criar valor, focando-se na gestão de materiais, fluxo nos processos, substituição de equipamentos, ambiente de trabalho e *layout*.

O princípio acaba por ser sempre o mesmo: obter uma visão geral de todos os processos com o objetivo de eliminar desperdícios e descobrir pontos a melhorar. Para tal, é necessário compreender mais aprofundadamente os conceitos desta filosofia para o seu uso correto no sector que se pretende aplicar (Thiran 2012).

2.1.2 Técnicas *Lean*

Para se entender melhor a filosofia *Lean*, há conceitos que têm que ser conhecidos, pois são a sua base. Um ponto de extrema importância é a compreensão dos desperdícios que existem nos locais de trabalho.

7 desperdícios

A eliminação de desperdícios resulta num aumento do valor criado. Estes desperdícios envolvem todas as atividades desenvolvidas num processo de fabrico ou numa prestação de serviços que resultam na absorção de recursos e na não criação de valor. Os desperdícios são facilmente distinguíveis pelos 7 tipos que o Kaizen Institute Portugal refere no seu artigo “Há sete tipos de desperdício” (Kaizen Institute Portugal 2015):

- **“Informação a mais:** Criação de mais informação do que a necessária (mais do que o cliente necessita); Informação a mais desperdiça tempo de trabalho e gera *stocks* de informação.
- **Transporte de informação ou materiais:** Transferência ou transporte de informação entre vários processos, situação que gera aumento de custos e tempo de procura, bem como perda de informação.
- **Stock de informação ou materiais:** Ter informação armazenada que não se utiliza; Ter *stocks* excessivos de trabalho em curso (aumenta o espaço ocupado e a espera do cliente e oculta problemas reais).
- **Movimento de pessoas:** Movimentações de colaboradores. Movimento não significa trabalho. Os movimentos muitas vezes existem por *layouts* mal desenhados com distâncias a equipamentos, informação e pessoas com quem se tem de interagir.
- **Pessoas paradas:** Espera de informação sobre a chegada de materiais; Stress ou cansaço excessivos.
- **Processos Complicados:** Procedimentos desadequados com demasiadas interfaces e ineficiências. Tudo isto provoca esforço adicional de trabalho, recursos mal utilizados (pessoas, equipamento, conhecimento) e desmotivação.
- **Erros:** Documentos errados; Falta de informação a determinado colaborador (importante para o cliente final).”

5S

O método dos 5S é muito bem conhecido por qualquer praticante de *lean*. Este método relaciona-se com o espaço de trabalho de uma organização e resulta na formação de uma fundação sólida para qualquer empresa que tenciona implementar uma melhoria contínua.

Os 5S referem-se originalmente às 5 palavras japonesas *seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke*, mas podem também ser relacionadas com as palavras inglesas, *sort out, straighten, scrub, standardize and sustain*. Estas 5 palavras formam a estrutura deste método que pode levar as empresas a melhorar e muito o seu desempenho (Dalto 2015).

Trata-se de uma abordagem sistemática e metódica que permite às equipas organizarem-se no seu ambiente de trabalho da forma mais segura e eficiente possível. Os 5 pilares deste método são definidos da seguinte forma:

- **Sort out:** Separar o necessário do desnecessário.
- **Straighten:** Organizar cada coisa necessária de forma fácil de alcançar de modo a ser fácil de usar. Identificar claramente todos os locais com os respetivos itens para que qualquer pessoa possa encontrar e devolver assim que o trabalho esteja completo.
- **Shine:** Limpar e cuidar do espaço de trabalho e do equipamento de forma regular de modo a manter os padrões e identificar defeitos.
- **Standardise:** Revisitar frequentemente os três primeiros pontos e confirmar a sua boa aplicação.
- **Sustain:** Manter as regras para preservar os padrões e continuar a melhorar todos os dias.

Há quem ainda inclua um sexto S no método relativo à Segurança (*Safety*), o que pode ser muito relevante, pois qualquer problema relacionado com a segurança pode levar a muitos distúrbios, que têm como consequência a diminuição de eficiência dos processos (Dalto 2015).

Gestão Visual

Outra importante ferramenta de apoio à filosofia *lean* é a Gestão Visual. Esta ferramenta permite que todos os colaboradores saibam como proceder nas suas ações diárias, sem precisarem de perguntar a alguém.

É possível definir a Gestão Visual como um sistema de controlo e melhoria contínua que integra ferramentas visuais simples que possibilitam a qualquer colaborador a compreensão das regras a adotar de uma forma rápida e intuitiva.

A Gestão Visual deve ser feita de forma a que não haja lugar para equívocos e diferentes interpretações, tornando as situações transparentes para todos os colaboradores, ajudando assim a obter um foco nos processos e não nas pessoas.

Por vezes a Gestão Visual pode ser confundida com “poluição visual”, isto é, a disposição de uma variedade enorme de informação agrupada, que pode apenas criar confusão nas mentes de quem a observa. A Gestão Visual não pode criar perturbação para quem a observa, deve possibilitar o entendimento das ações a tomar o mais próximo possível do local sem inclusão de outras informações que nada tenham a ver com o objetivo a ser cumprido (Ferro 2009).

“Uma imagem vale mais do que mil palavras”. Um ditado vulgarmente conhecido e que transmite a extrema importância da Gestão Visual no bom funcionamento das empresas. No mundo empresarial, essas imagens deverão transmitir indicações objetivas.

Estudos científicos comprovam que 83% das pessoas percebem e absorvem as informações através da visão, como retrata a figura 3:

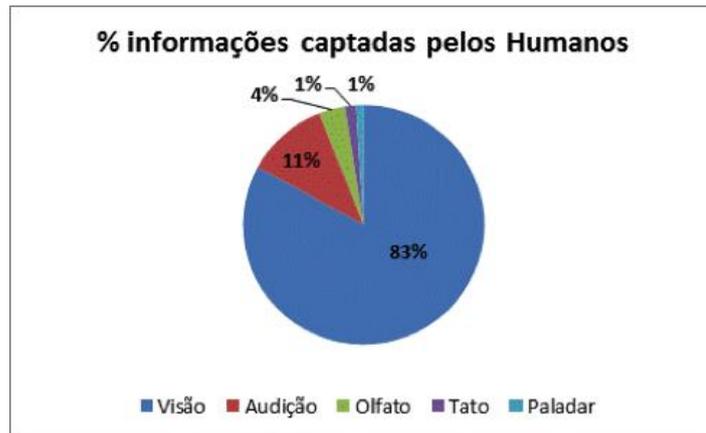


Figura 3: Como é captada a informação pelo ser humano
Fonte: Socon Socony-Vacuum Oil Co. Studies

São explicados de seguida 4 métodos eficazes para uma boa aplicação de Gestão Visual:

1. Colocar dados de desempenho de forma visualmente apelativa e compreensível:

Transformar os indicadores do desempenho da empresa de texto para representações gráficas apelativas, disponibilizando-os numa sequência lógica, num painel de gestão (Figura 4), onde todos possam aceder.



Figura 4: Exemplo de disposição de indicadores de desempenho

2. Usar sinalética simples e objetiva para trabalhos práticos e rotineiros:

Utilizar linguagem gráfica que permita uma fácil e total compreensão é essencial para a rotina dos colaboradores. O uso de pictogramas, símbolos simples que representam um objeto ou ação, permite uma fácil assimilação. A Figura 5 é um exemplo de bom uso destas ferramentas. O uso de sistemas de controlo como sinais de luzes também é uma boa solução.



Figura 5: Exemplo de sinalética a utilizar

Os sinais devem atrair a atenção de quem por eles passa e dar a conhecer a mensagem subjacente de uma forma rápida e perceptível, permitindo aos colaboradores saber qual a conduta a seguir no local (Cera 2013).

3. Representar estruturas organizacionais e processos de forma fácil de compreender:

Neste setor enquadram-se os diagramas de fluxo: organogramas, fluxogramas e mapas de processo, exemplificados Figura 6. São documentos que permitem tornar processos complexos e de difícil compreensão em documentos facilmente perceptíveis.

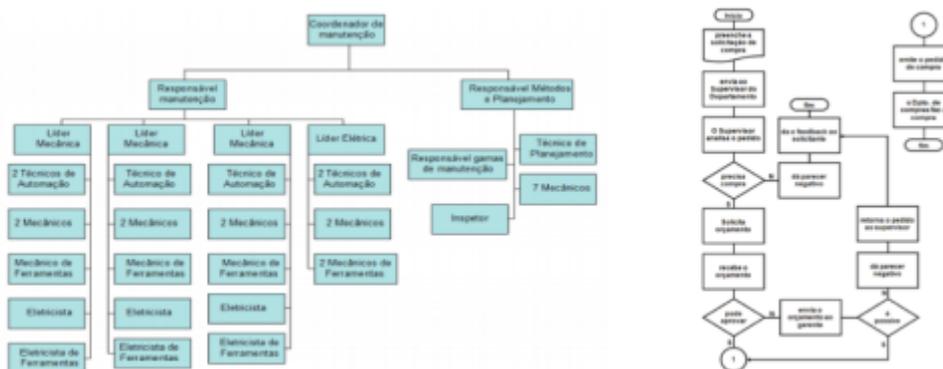


Figura 6: Exemplos de organograma e fluxograma

4. Utilização de bons modelos para discussão de ideias:

A utilização de modelos, como o demonstrado na Figura 7, permite uma troca de ideias organizada e uma discussão de problemas em que qualquer envolvido poderá ter acesso.

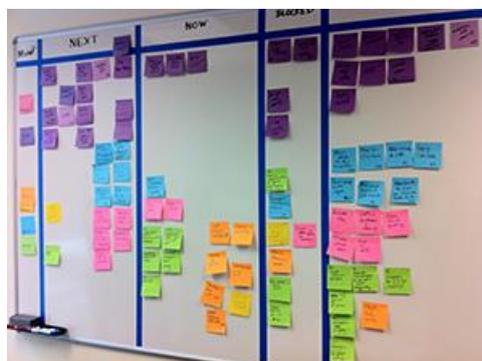


Figura 7: Quadro para discussão de ideias e organização de tarefas

“Ser VISUAL não é apenas o fim do trabalho... É sim, o meio para maximizar a produção. Portanto, vale ressaltar o quão importante é transmitir e assimilar a importância de ser visual.”(Cera 2013).

2.2 Sistemas convencionais de transporte

Os sistemas convencionais utilizados em armazéns consistem em sistemas que fazem uso de máquinas guiadas por colaboradores. Entre o tipo de máquinas usadas podemos encontrar os retráteis, empilhadores e porta-paletes (Figura 8). De uma forma geral estas máquinas encontram-se desenhadas para transportar o produto que vai assente em paletes.



Figura 8: Exemplo de máquinas utilizadas nos sistemas convencionais de transporte

A principal vantagem na utilização destas máquinas reside na flexibilidade que os sistemas adquirem. Qualquer alteração nos fluxos dos materiais não resulta num problema, já que é apenas necessário formar o colaborador para seguir as novas rotas. (Tondato, 2014)

2.3 Automated Guided Vehicles

Os *automated guided vehicles* já existem desde o século passado, mas só nos últimos anos, com a evolução da sua tecnologia é que as empresas viram o potencial destes robôs para aumentarem a eficiência e segurança das suas instalações, havendo possibilidade de criar retorno no investimento num curto prazo.

Os AGV foram inventados há cerca de 50 anos atrás, na altura com o nome de *driverless systems*, sistemas sem condutor. Com o decorrer dos anos, os avanços na área da eletrónica levaram ao crescimento destes robôs (Savant Automation 2015).

Nas palavras de Longacre, gerente de marketing da JBT Corporation “Nós definimos um AGV como um robô móvel controlado por computador usado para mover materiais dentro de um estabelecimento. A aparência deles e aquilo que eles conseguem fazer alterou-se, mas não há nada nesta definição que não se aplique hoje e há dez anos atrás.” (Bob Trebilcock 2011)

2.3.1 Tipos de AGV no mercado

Os AGV possuem a capacidade para trabalhar em áreas estreitas, partilhar espaços com pessoas e serem muito flexíveis nos seus percursos, o que pode reduzir significativamente os gastos, caso haja necessidade de alterações de rotas. A utilização de AGV poderá ser considerada uma solução eficiente, segura e versátil para manipulação de material. Muitas empresas definem os tipos de veículos que possuem de diferentes formas. Se forem analisados os catálogos de grandes empresas do mercado como a Siemens e a Swisslog, é possível verificar que estes distinguem os robôs de igual forma ou parecida. Após um estudo dos AGV presentes no mercado poderá dizer-se que existem 4 tipos de AGV: AGV empilhador, AGV de carga, AGV com atrelado e AGV customizado (Savant Automation, 2015).

AGV empilhador

Os AGV empilhadores (Figura 9) carregam e descarregam mercadorias automaticamente, de uma forma muito precisa. São os mais comuns do mercado e na sua maioria possuem a versatilidade de poderem também ser conduzidos manualmente, transportarem produtos ao nível do chão e em altura. Ao nível de carga de transporte revelam grande flexibilidade, sendo capazes de transportar mercadoria em paletes, prateleiras, estantes e carrinhos de carga. Pela sua versatilidade estes veículos são uma boa solução para instalações onde se prevejam mudanças significativas durante o tempo de vida o AGV.



Figura 9: Exemplo de AGV empilhador

AGV de carga

Os AGV de carga (Figura 10) são considerados os mais tradicionais do mercado destes veículos. São comumente referidos como *top carrier* pois a carga repousa sobre a maior parte do veículo. Este veículo é utilizado para transporte de carga dentro de armazéns e outras instalações. A forma como a carga é colocada no topo dos veículos é muito variável, podendo ser manual ou automática. Quando é automática, utilizam-se empilhadores, outros AGV, etc...O próprio AGV pode incorporar sistemas de rolos, grampos ou tapetes que permitam o seu carregamento autónomo (Savant Automation, 2015).



Figura 10: Exemplo de AGV de carga

AGV com atrelado

O AGV com atrelado (Figura 11) é considerado o mais produtivo do mercado. Estes veículos possuem uma grande capacidade de carga devido ao facto dos materiais poderem ser transportados por vários atrelados, formando uma espécie de comboio logístico, que por sua vez gera um grande fluxo de mercadorias pelas instalações onde for utilizado.

Os sistemas de navegação destes veículos são complexos, de forma a garantir a segurança dos colaboradores e tornarem o transporte o mais preciso possível. Ainda que com elevada produtividade, este tipo de AGV resulta em custos elevados, sendo necessário avaliar cuidadosamente se se trata de um bom investimento.



Figura 11: Exemplo de AGV com atrelado

AGV customizado

Diferentes empresas refletem diferentes necessidades, tendo-se os fabricantes de AGV apercebido da importância de criar AGV em função do seu cliente. Cada cliente transporta diferentes cargas, com dimensões e pesos diferentes, e até mesmo de tipos diferentes (Siemens Industry Inc 2014, Savant Automation 2015, Swisslog 2015, Transbotics e Business 2015).

A maior parte dos fabricantes de AGV são capazes de criar veículos adaptados às diferentes necessidades dos seus clientes, exemplificados na Figura 12.



Figura 12: Mail Mobile AGV (à esquerda); High Reach Aerospace Inspection AGV (à direita)

2.3.2 Navegação dos AGV

O sistema de navegação é o método pelo qual é gerido o percurso de um AGV. Segundo (Groover 2000) existem 3 tipos de tecnologias mais utilizadas no mercado, consideradas sistemas de navegação fixos:

1. Fios de guiamento embutidos.
2. “Paint Strips”
3. Veículos autoguiados

Adicionalmente existe um quarto método, mais recente, e bastante utilizado:

4. Navegação por fita magnética.

Fios de guiamento embutidos

Este sistema consiste em fios elétricos que são colocados num pequeno canal criado por um corte no chão de 3 a 11 mm de largura e 13 a 26mm de profundidade (Figura 13). Depois de instalado o fio, o canal é preenchido com cimento para eliminar a descontinuidade da superfície do chão. Este fio é depois conectado a um gerador de frequências, criando um campo magnético ao longo do percurso que pode ser seguido através de sensores instalados no veículo. (Groover 2000)

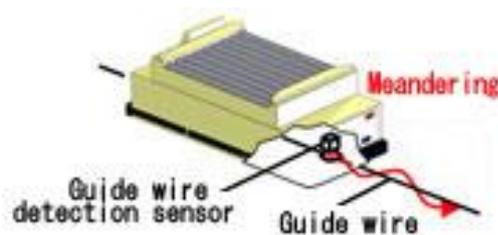


Figura 13: Sistema de guiamento por fios (Fonte: Hitachi Logistics)

Para usar este método podem utilizar-se dois sensores em frente a cada roda do AGV. O fio, quando colocado no meio dos dois sensores, emite um sinal com a mesma intensidade para ambos sensores. Porém, se o veículo se desviar um pouco, a intensidade do sinal em cada sensor altera-se. Esta diferença é usada para controlar o mecanismo direcional do AGV, que faz as alterações necessárias para que o AGV retome a posição certa (Groover 2000). Quanto maior a distância entre estes dois sensores, menor será o erro gerado por situações como sujidade no chão ou outros fatores similares (Ltd. Corporation 2015).

Um *layout* de um sistema de AGV pode ser bastante complicado, com muitos pontos de decisão. É necessário que o veículo seja sempre capaz de escolher o percurso mais adequado para as suas tarefas. Por exemplo, quando um veículo chega a um ponto em que há um cruzamento de linhas, este tem de ter os mecanismos necessários para decidir qual das linhas percorrer. Segundo (Groover 2000), existem dois métodos principais no mercado para tomar esta decisão: o método de seleção por frequência e o método de seleção por alteração do percurso. No método por frequência, os dois caminhos que o AGV poderá escolher emitem sinais com frequências distintas. O AGV nesse ponto de decisão lê um código de barras enviando a sua localização ao sistema. Por sua vez, consoante a sua programação, o sistema envia ao AGV a frequência a percorrer a partir daquele ponto, levando a que o veículo percorra apenas uma das linhas. Por outro lado, o método de alteração do percurso só utiliza uma frequência. No momento em que o AGV chega ao ponto de decisão, a linha pela qual o AGV não pode ir é desligada, fazendo com que o veículo percorra apenas a linha ligada. Este método requer que o *layout* esteja dividido em várias secções (Groover 2000).

Paint Strips

Neste sistema são utilizadas linhas no chão. O veículo usa sensores óticos que permitem que o veículo siga o percurso desenhado. As linhas podem ser coladas ou pintadas diretamente no chão. As linhas são geralmente de 2,50 cm de largura e contêm partículas fluorescentes que refletem a luz ultravioleta emitida pelo sensor do AGV. Os sensores detetam esta reflexão de luz e controlam o sistema de navegação para que o AGV não saia do percurso correto. Este sistema é utilizado em locais onde existe alguma radiação que possa interferir com as frequências emitidas no caso de se instalar um sistema de fios embutidos no chão, ou em lugares onde não é possível a penetração do chão para instalação dos fios. Como desvantagens pode destacar-se a deterioração das fitas ao longo do tempo, bem como a impossibilidade de leitura por parte dos sensores, perante um caso de sujidade (Groover 2000).

Fita magnética

Este método é o mais vantajoso dos anteriormente enunciados. Neste método uma fita magnética pode ser colocada na superfície do chão ou enterrada cerca de 10mm, e tapada por uma superfície não ferrosa. Este sistema não só permite orientar o AGV como, através da dupla polaridade da fita magnética, os pequenos pedaços de fita magnética poderão ser colocados para indicar mudanças de estado. Desta forma serão evitados obstáculos, paragens, mudanças de velocidade e de direção. Adicionalmente não será necessário ter um alimentador externo de energia, o que acontece no sistema de fios embutidos, em que é necessário um gerador externo de frequências (Company 2015).

Veículos autoguiados

Os veículos autoguiados representam a última forma de tecnologia de navegação dos AGV. Ao contrário dos métodos anteriormente enunciados, os sistemas com este tipo de navegação não trabalham com percursos fixos, sendo utilizados sistemas de combinação *dead reckoning*, que consistem na capacidade de um veículo seguir uma rota na ausência de um percurso definido no chão, com marcações nas instalações onde o veículo circula. O movimento do

veículo no percurso faz-se através de uma programação do número requerido de rotações de cada roda. Como é de esperar, com o aumento da distância percorrida, a precisão da posição do veículo diminui. É por isso muito importante fazer uma verificação periódica do posicionamento. Esta verificação é feita através da leitura de marcos distribuídos pelas instalações. Para ler estes marcos poderá ser utilizado um laser *scanner* rotativo, colocado no veículo. Através de um sistema de triangulação dos diferentes marcos é possível que o AGV atualize a sua posição de forma exata.

A principal vantagem deste método de navegação em relação aos métodos de navegação fixa é a sua flexibilidade. Os percursos são definidos em *software*, e para alterar o percurso do AGV será apenas necessário inserir num computador os novos dados. Em caso de expansão é também apenas necessário instalar novos marcos de posicionamento. Os custos de alteração são significativamente reduzidos em comparação com os métodos anteriormente enunciados (Groover 2000).

2.3.3 Gestão de tráfego e controlo dos AGV

Para um sistema de AGV funcionar corretamente é necessário que os veículos sejam bem geridos. Os percursos têm de ser o mais curtos possível de forma a minimizar os tempos de entrega de material, a gestão do tráfego tem de ser adequada para não se sujeitar a interferências desnecessárias e os veículos devem circular sem colocar em perigo os colaboradores das empresas.

Existem atualmente dois métodos de gestão do tráfego dos AGV: *on-board vehicle sensing control* e *zone control*.

On-board vehicle sensing control

A primeira técnica, *on-board vehicle sensing control*, consiste na utilização de um ou mais sensores a bordo do veículo para deteção de obstáculos e outros veículos que se poderão cruzar com o AGV. Os sensores poderão ser óticos ou ultrassónicos. Quanto melhores os sensores, menor o risco de colisões entre veículos. Desta forma, para que seja possível diminuir a probabilidade de ocorrência de erros é necessário um bom investimento por parte das empresas nestes sensores. Ainda assim estes sensores podem ser pouco eficazes em curvas e pontos de convergência já que os outros veículos poderão não se encontrar em frente ao sensor nestas situações.

Zone control

Por outro lado, o segundo método, *zone control*, consiste na divisão do *layout* em zonas. O princípio é o seguinte: estando uma zona ocupada por um veículo, já nenhum outro veículo tem autorização para circular nessa zona. As zonas são normalmente da dimensão dos veículos com adição de uma área de segurança. Porém essa zona pode aumentar devido a outras considerações como a complexidade do sistema, o número de veículos e com o objetivo de minimizar o número de zonas separadas.

Os dois métodos são geralmente usados em combinação de forma a aumentar a eficácia da gestão de tráfego.

No controlo dos AGV são usados 3 tipos de métodos diferentes: *on board control pannel*, *remote call stations* e *central computer control*.

O método *on board control pannel* tal como o nome indica consiste num método de controlo introduzido no próprio AGV, no qual pode ser programado o percurso do veículo. Este é, claramente, o nível mais básico de sofisticação quando comparados os diferentes métodos.

As *remote call stations* representam outro método de satisfação da entrega dos componentes por parte do veículo. Consistem em simples botões localizados em certas áreas que, quando pressionados, emitem um sinal a um veículo disponível que se dirige à zona para carregar ou descarregar materiais.

Numa grande instalação, com elevada complexidade e automação, os métodos anteriormente explicados não se adequam. Quando o nível de complexidade é elevado o sistema de controlo deve ser capaz de gerir as diversas complicações. O sistema de *central computer control* é utilizado para alcançar uma gestão automatizada de todos os veículos, de acordo com um plano pré-estabelecido e que pode sofrer alterações com o tempo, mudanças essas que serão imediatamente comunicadas aos AGV do sistema (Groover 2000).

2.3.4 Vantagens dos AGV

Quais são então as vantagens dos *automated guided vehicles*? A resposta a esta pergunta continua a mudar devido aos avanços que se vêm a registar anualmente nesta área. Ainda assim é possível reunir um conjunto de vantagens que uma empresa pode obter com a implementação destes sistemas.

1. Eficiência

Existe uma otimização do fluxo de transporte de mercadorias já que todo este é programado e pode ser gerido computacionalmente, diminuindo assim a quantidade de erros humanos. A possibilidade de poder trabalhar 24/7 aumenta substancialmente o potencial produtivo destes veículos.

2. Flexibilidade

Em caso de mudança numa fábrica ou armazém, um sistema de AGV mostra-se bastante flexível a estas alterações, quando comparado com sistemas como linhas de automação, já que para o fazer não é necessário uma mudança radical de infraestruturas. Com aumento das operações a solução pode ficar apenas na implementação de mais AGV no sistema.

3. Precisão

Com um sistema de AGV é possível obter entregas dos materiais *just in time*, sem erros nos destinos e é possível uma gestão mais precisa dos *stocks*.

4. Redução de custos

É sustentado por muitos especialistas da área que se consegue obter facilmente um retorno no investimento destes sistemas. A redução dos erros humanos, o aumento de produtividade e a redução de custos com pessoal são pontos essenciais para verificar que um sistema de AGV é um bom investimento. Em caso de alteração de rotas os custos acrescidos são significativamente baixos, quando comparados com tapetes transportadores e outros sistemas.

5. Segurança

Este é sem dúvida um dos pontos-chave de um sistema de AGV. Com a implementação de um sistema a probabilidade de haver acidentes é muito reduzida. Haverá garantidamente uma redução dos estragos realizados em estruturas permanentes, máquinas e bens. As colisões com um bom sistema de controlo serão praticamente nulas.

2.4 Mizusumashi

O conceito surge da palavra japonesa *mizusumashi* que, traduzido, resulta em “besouro de água”. Geralmente a designação é substituída por *water spider*. Este termo terá surgido pelo facto dos besouros de água serem muito ágeis enquanto nadam. Um *mizusumashi* trata-se de um componente logístico que faz o transporte de materiais, utilizando uma rota cíclica fixa,

parando em certos postos de trabalho em cada um dos ciclos. Quando comparado com um porta-paletes, como demonstra a Figura 14, facilmente se poderá inferir que a produtividade é superior quando está presente o *mizusumashi*.

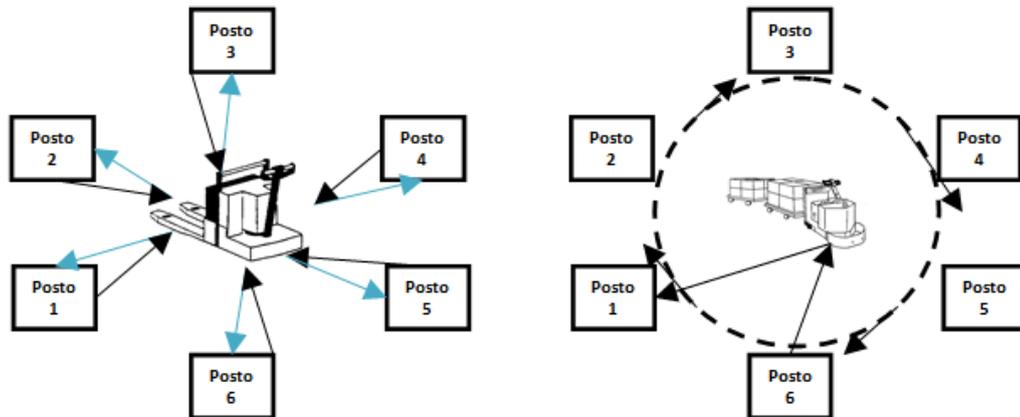


Figura 14: Porta-paletes (à esquerda); Mizusumashi (à direita)

O *mizusumashi* trata-se de um elemento muito utilizado na melhoria dos fluxos internos de um armazém. O *water spider* usa um pequeno comboio que possui capacidade para abastecer todos os postos de trabalho programados para cada ciclo. Os clientes do *mizusumashi* são os operadores de cada posto de trabalho destino. O *mizusumashi* traz-lhes os materiais necessários em certos espaços de tempo e remove os que já não forem precisos. As operações ficam suportadas por uma solução viável e de abastecimento frequente.

Segundo (Coimbra 2013) para implementar um *mizusumashi* devem-se seguir 11 passos essenciais:

- 1- Fazer uma lista de todas as tarefas a designar ao *mizusumashi*;
- 2- Fazer uma estimativa inicial do tempo que requer cada tarefa;
- 3- Desenhar uma rota circular no *layout* marcando o ponto de saída e chegada;
- 4- Identificar os postos de paragem;
- 5- Construir um protótipo de comboio apropriado, definindo o número de carruagens;
- 6- Dar uma volta de reconhecimento com o comboio vazio, assegurando que circula em linha reta e que nas curvas não corta cantos que possam resultar em estragos nas instalações;
- 7- Assegurar que tanto o fornecedor como o cliente estão preparados;
- 8- Escolher o melhor operador para conduzir o *mizusumashi* já que o fluxo dos materiais está dependente deste;
- 9- Correr o comboio por 4 ou 5 dias, medindo tempos e eliminando erros;
- 10- Desenhar a linha final de trabalho;
- 11- Treinar o operador por, pelo menos, 20 dias para que o trabalho se torne mecanizado.

3 Situação inicial

Como mencionado no capítulo 1, o elevado crescimento da Parfois levou à construção do novo centro logístico com 33000m², representado em AutoCad na Figura 15 e capaz de suportar o objetivo futuro de 1100 lojas por todo o mundo.

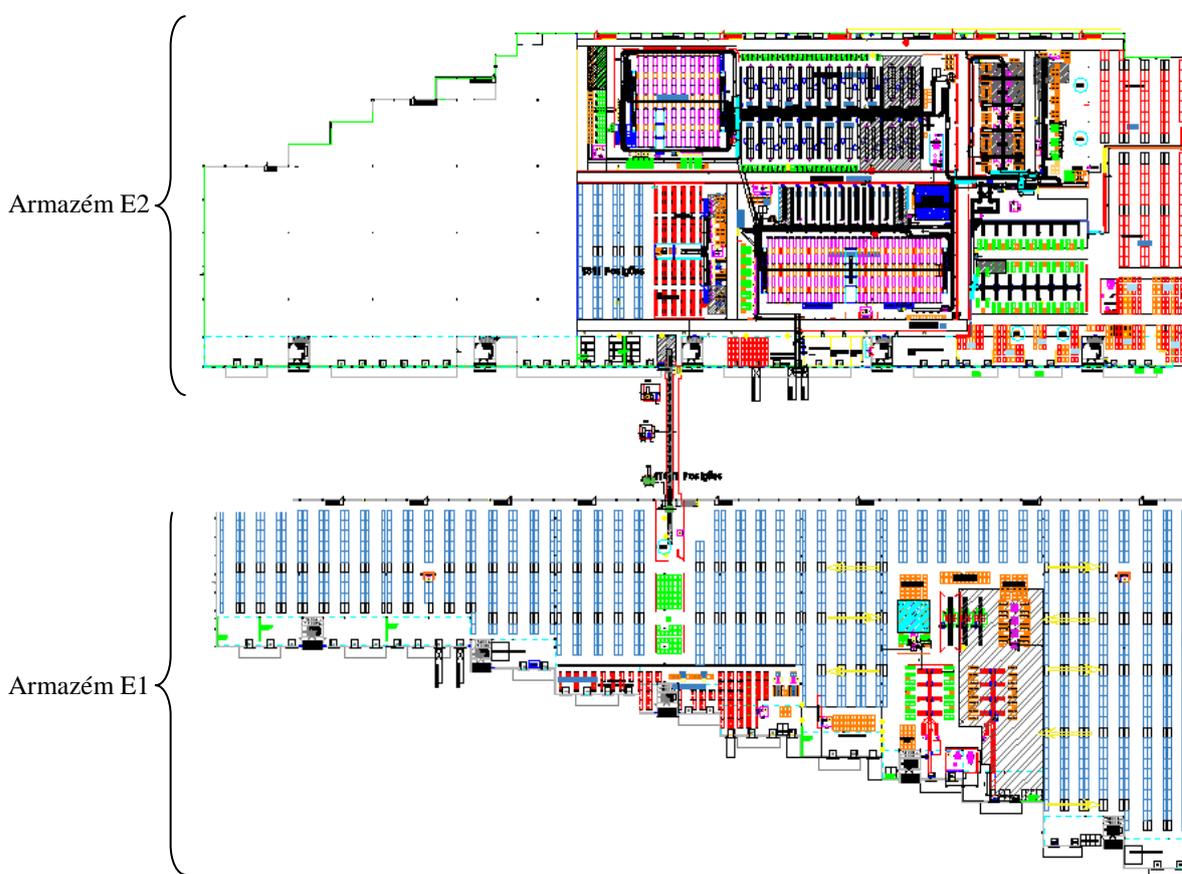


Figura 15: *Layout* do Centro Logístico de Canelas

Para melhor entender o projeto é essencial perceber o funcionamento geral do armazém. Este capítulo tem como objetivo fornecer os detalhes necessários sobre os vários fluxos de mercadoria existentes no novo centro logístico. De seguida, será analisado o processo onde é realizada a conversão para carrinhos abastecedores, que foi alvo do projeto descrito na presente dissertação.

3.1 Descrição dos processos

Na Figura 16 é possível observar o Armazém E1 do novo centro logístico. Neste setor é realizada a receção de toda a mercadoria. É também neste local que se faz a arrumação pesada, podendo parte desta arrumação ser feita no armazém E2, isto é, a arrumação de todos os produtos existentes no armazém exceto a bijuteria e artigos de cabelo. Na arrumação pesada incluem-se os seguintes artigos:

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1 - Calçado | 6 - Têxteis |
| 2 - Carteiras | 7 - Óculos |
| 3 - Chapéus | 8 - Porta-moedas |
| 4 - Cintos | 9 - Relógios |
| 5 - Guarda-chuvas | 10 - Vestuário |

Adicionalmente é realizado o controlo da qualidade e as devoluções. Estes últimos dois processos não serão abordados em detalhe neste capítulo por não serem relevantes para o presente projeto.

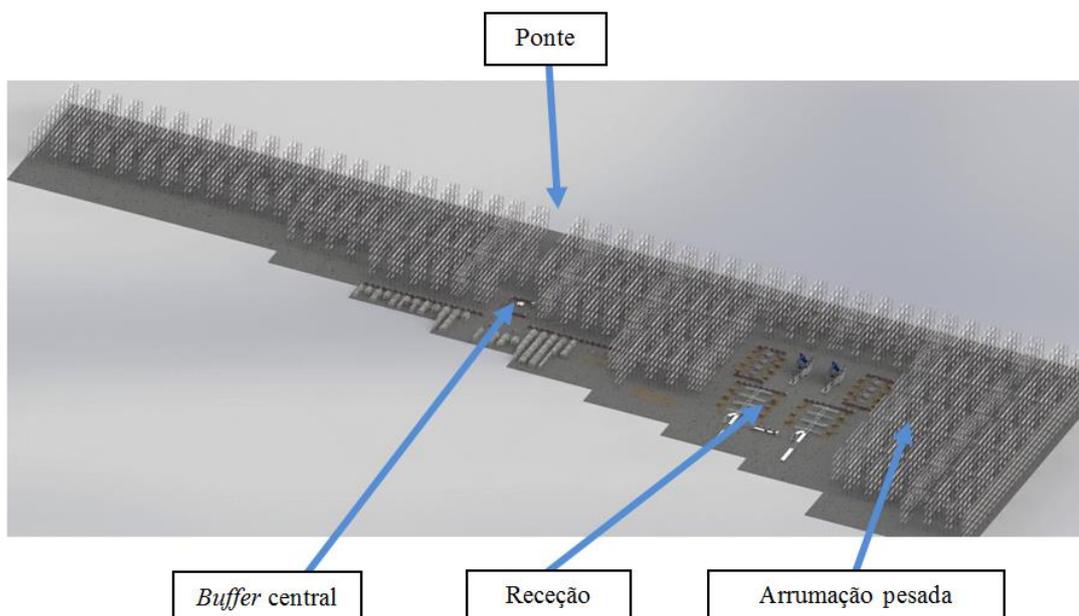


Figura 16: Desenho 3D do Armazém E1 - Centro Logístico Canelas

O fluxo dos produtos no armazém consiste em 4 etapas principais retratadas no fluxograma da Figura 17:

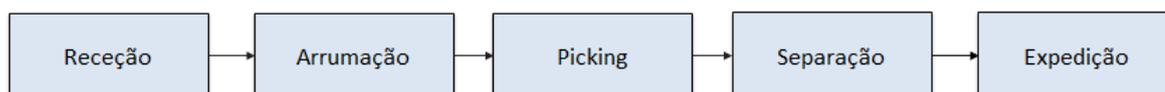


Figura 17: Fluxo de produto no centro logístico de Canelas

3.1.1 Receção

Na receção (Figura 18) inicia-se a atividade de todo o centro sendo o ponto de partida do fluxo de produto no armazém. As descargas são feitas caixa a caixa de contentores marítimos ou de carga aérea. Assim que a descarga é iniciada, o produto é paletizado de imediato, por SKU e *casepack*. O *casepack* consiste na quantidade de produtos que existem dentro de uma caixa. O mesmo SKU pode ter vários *casepacks*. Por exemplo, a mesma carteira pode estar embalada quer em caixas de 4 como em caixas de 8 unidades.

Nesta zona é feita a contagem da mercadoria recebida e é inserida em sistema WMS. Nesta mesma fase, parte da mercadoria de cada SKU é direcionada para o controlo da qualidade. A quantidade de caixas de um determinado SKU que vão para o controlo da qualidade está previamente estipulada em sistema. As paletes do produto são colocadas numa linha envolvente automática e são posteriormente arrumadas na zona de arrumação pesada. Enquanto o controlo da qualidade não aprovar a mercadoria, as paletes desse produto ficam em estado T (*trouble*), não podendo ser efetuado qualquer tipo de ordem de *picking* sobre elas. Quando a mercadoria é aprovada, as paletes desse SKU passam para o estado I (*inventory*), ficando disponíveis para atividades de *picking* e envio para lojas.

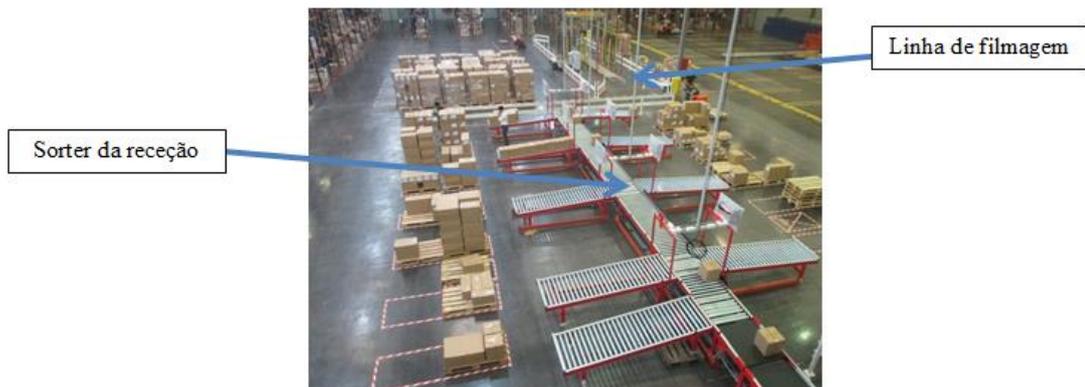


Figura 18: Desenho 3D da zona de receção

3.1.2 Arrumação

Após ser realizado o controlo da mercadoria, a paleta é movida por operadores, com a ajuda de retráteis, e arrumada no local que é indicado pelo sistema, que organiza as paletes o mais próximo possível do *buffer* central. Todos os locais de arrumação estão identificados para que os operadores consigam realizar as ações de arrumação e *picking*.

Existem dois tipos de arrumação, a arrumação pesada e a arrumação fina (Figura 19). A arrumação pesada, definida para todos os artigos exceto a bijuteria e os artigos de cabelo, é realizada em grande parte no armazém E1 com 5 localizações de *stock* em altura, tendo cada SKU duas posições de nível zero (nível inferior onde se realizam tarefas de *picking* à caixa). A este conjunto de 5 localizações dá-se o nome de *rack*. Neste momento os consumíveis, materiais com destino aos escritórios e lojas (exemplo: canetas), são armazenados na arrumação pesada. Encontra-se no entanto, já montada, na fase inicial do projeto, uma estrutura para separação e arrumação dos mesmos, como indicado na Figura 20.

A arrumação fina é a arrumação realizada na *passerelle grande e pequena* do armazém E2, em que os artigos em vez de serem guardados dentro de caixas são armazenados em *containers*. Estes *containers* são recipientes de plástico que propiciam o transporte dos produtos sobre rolos ou tapetes e armazenam um único SKU num dado momento.

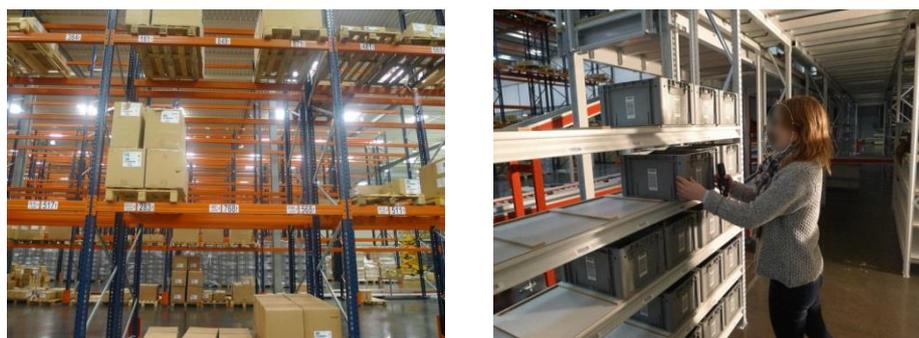


Figura 19: Arrumação pesada (à esquerda); Arrumação fina (à direita)

3.1.3 Picking e separação

A separação do produto é feita no armazém E2 (Figura 20). Existem zonas de separação distintas para as gamas bijuteria e artigos de cabelo, sendo as restantes gamas, dada a disparidade dimensional entre os SKU, denominadas túnel pequeno e túnel grande.

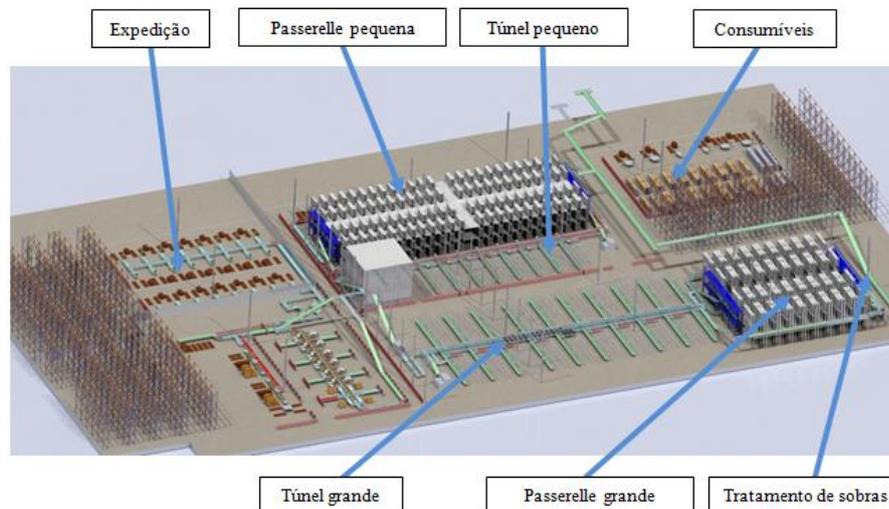


Figura 20: Desenho 3D do Armazém E2 - Centro Logístico Canelas

No início do processo é feito o *picking* de mercadorias através de um PDA (*Personal Digital Assistant*), que assiste os colaboradores nas suas operações. O *picking* é feito de acordo com os pedidos que entram em sistema, pedidos estes que se encontram divididos em primeiros envios e reposição.

Os primeiros envios consistem na primeira vez que um artigo é enviado para a loja. Estes pedidos são definidos com recurso a uma matriz pré definida por família (exemplo: carteiras) para uma loja (exemplo: Norteshopping). Assumindo esta informação, é depois sugerida automaticamente no programa Mamute (software de controlo utilizado internamente) a quantidade do pedido. A reposição só existirá se o artigo já tiver sido enviado para a loja anteriormente. Um artigo só é elegível para reposição se tiver tido vendas nos últimos 14 dias e existir *stock* no centro logístico. Ambos os pedidos são efetuados exclusivamente pelo departamento de distribuição.

Quando uma ordem de *picking* é aberta surge no dispositivo o artigo a recolher e a localização do mesmo. A localização do produto escolhida tanto pode ser a zona de arrumação fina ou pesada, consoante a quantidade que foi pedida. No caso da bijuteria e artigos de cabelo existe apenas *picking* fino.

No caso dos outros tipos de artigos, torna-se mais complexo. Se houver produto na arrumação pesada podem surgir 4 tipos de *picking*:

- **Picking by order** – *Picking* de caixa inteira. Acontece quando a quantidade pedida é superior à quantidade de cada caixa. Neste caso é inserido um código de barras único para cada caixa associado à loja destino. Estas caixas são introduzidas diretamente na linha que vai para a expedição.
- **Picking pesado** – *Picking* à caixa, para separação no túnel grande. Quando o pedido por loja é inferior à quantidade por caixa.
- **Picking de palete inteira** – *Picking* à palete sempre que a quantidade do pedido é igual ou superior à quantidade da palete.
- **Picking pesado manual** – *Picking* à caixa, para conversão em carrinhos abastecedores, para separação posterior no túnel grande. Acontece quando o número de caixas de *picking* de uma palete é superior a 7, ou os artigos em questão possuem dimensões que

impossibilitam o seu armazenamento em *containers*, não sendo assim possível a sua circulação nos tapetes. O *picking* de palete inteira insere-se neste tipo de *picking*, quando o número de caixas na paleta é superior a 7.

É de realçar este último *picking*, já que dá origem ao processo de conversão para carrinhos abastecedores, e será alvo do projeto aqui tratado. Importa também referir que existe uma ordem de prioridade pela qual se fazem estes tipos de *picking*. Em primeiro lugar está o *picking by order*. No caso de não ser possível fazer este tipo, o sistema decide fazer o *picking* pesado ou de paleta inteira. Em último lugar encontra-se o *picking* pesado manual, que só é realizado se ocorrerem os casos já explicados anteriormente. No caso de não haver produto na arrumação pesada é então realizado **picking fino**, que vai resultar na circulação dos *containers*, armazenados na *passerelle grande*, pelas linhas transportadoras.

Relativamente ao processo de separação, utiliza-se um sistema *Put-to-Light*, como exemplificado na Figura 21. Neste sistema cada luz dos vários corredores de separação corresponde a uma das lojas Parfois, seja esta uma loja própria ou franchisada. No momento em que o operador “pistola” o *container* ou carrinho abastecedor acendem-se as luzes correspondentes às lojas destino. Estas luzes poderão ser de quatro cores diferentes: vermelho, azul, verde e amarelo, sendo que cada *container* ou carrinho abastecedor a ser separado encontra-se associado a uma dessas cores. Existe um ecrã em cada túnel que indica ao operador que “pistolou” o *container* ou carrinho e a luz correspondente. Quando acende uma luz surge também um número, que corresponde à quantidade de produto que o operador terá de inserir na caixa. Uma luz branca significa que a caixa se encontra fechada e o operador terá de a colocar à linha, associando uma caixa vazia à loja. Estes corredores podem corresponder aos de duas zonas distintas:

- **Túnel pequeno** – Zona de separação por lojas de todos os artigos de cabelo e bijuteria, separados das restantes gamas de artigos devido às suas pequenas dimensões.
- **Túnel grande** – Zona de separação das restantes gamas de artigos, como carteiras e calçado.

O túnel pequeno e o túnel grande têm capacidade máxima para 144 e 72 lojas por túnel respetivamente, alocadas de forma a equilibrar a carga de trabalho. Nas duas zonas existe um sistema de distribuição automática. O produto circula dentro de *containers* e pode sair em vários túneis.

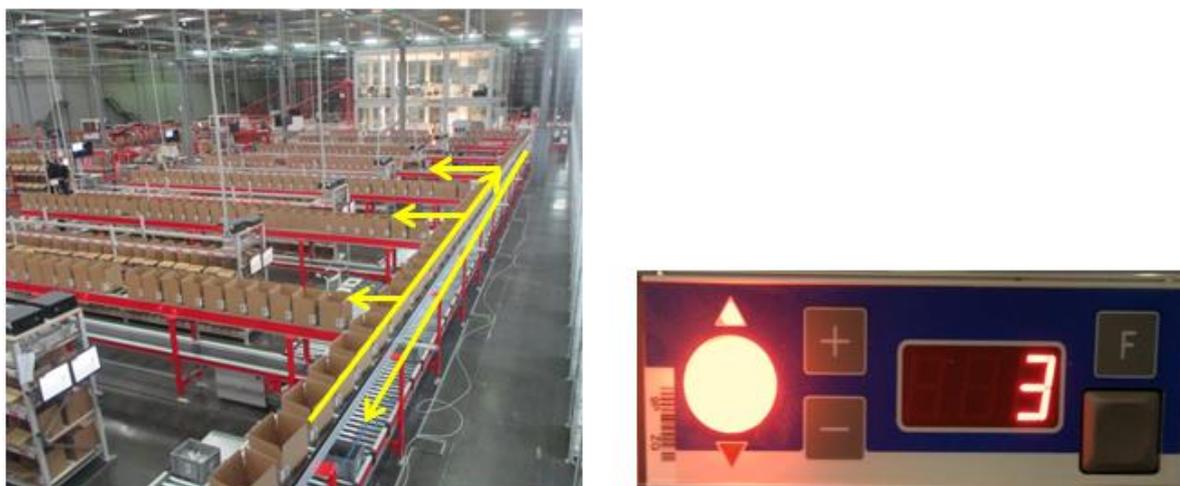


Figura 21: Distribuição automática no túnel pequeno (à esquerda); Exemplo do sistema Put-to-Light (à direita)

Se o túnel tiver a saída ocupada, o *container* em vez de ficar em espera continua no tapete até à próxima saída programada. De seguida dá mais uma volta caso ainda existam lojas para abastecer. Se o *container* tiver dado 20 voltas é encaminhado para a arrumação, ainda que

tenha lojas por satisfazer. O *container*, depois de satisfazer todas as lojas, se ainda tiver produto, retorna à arrumação fina. Se já não tiver mais produto é direcionado para uma zona de tratamento de sobras, onde se assegura que o *container* não tem qualquer produto. Depois de tratado, o *container* vai para a zona de conversão para ser abastecido. No túnel grande existe outro tipo de distribuição, a distribuição manual, que consiste na separação com carrinhos abastecedores, resultantes do *picking* pesado manual e que será explicada com maior detalhe no decorrer deste capítulo.

3.1.4 Expedição

A expedição trata-se da última fase do fluxo da mercadoria no armazém. Antes das caixas chegarem a esta zona poderão passar pela zona de reprocessamento, onde irão ser submetidas, caso necessário, a: reembalamento, verificação ou reetiquetagem (tendo em consideração que alguns países necessitam de uma etiquetagem própria). Após esta verificação, existe a zona de pré-expedição, local onde são armazenadas caixas sem autorização de expedição imediata. Após validação, é feito *picking* das caixas para expedição. A existência desta área surge por motivos como o controlo do departamento financeiro por faltas de pagamentos ou lotação do armazém das lojas.

Na zona de expedição, a linha de automação está equipada com medidor volumétrico, balança e duas máquinas de cintagem automática. As caixas passam numa máquina onde são colocadas as etiquetas do transitário, ficando desde logo cadastradas no sistema de cada transportador. De seguida as caixas saem numa das 16 saídas do *sorter* (Figura 22) mediante o transportador/país. As caixas são incluídas em sistema na consola de faturação, paletizadas e “filmadas” manualmente ou com recurso a um robô.

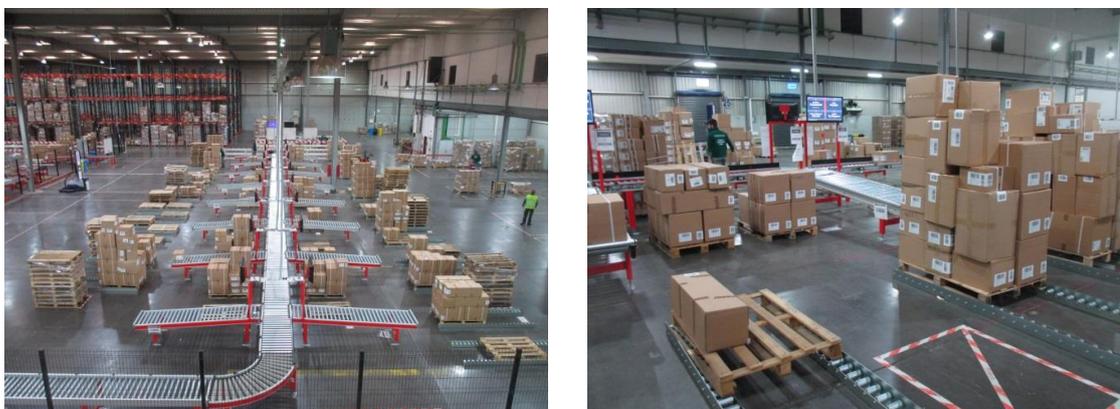


Figura 22: Sorter da expedição (à esquerda); Paletização da mercadoria na expedição (à direita)

As paletes são direccionadas para um *buffer* e são posteriormente carregadas no camião respetivo, ficando finalizado o percurso do produto no centro logístico.

3.2 Picking pesado manual

Como mencionado anteriormente, este é o processo alvo desta dissertação. Neste processo estão incluídos todos os tipos de gamas que são direccionadas para o Túnel Grande. O operador ao “pistolar” a palete com o seu PDA é informado de que esta tem de ser encaminhada para a zona de conversão, para carrinhos abastecedores. Estes carrinhos (Figura 23) assemelham-se a *containers* de grandes dimensões sobre rodas, já que transportam apenas um SKU de cada vez.

Neste momento a palete encontra-se no Armazém E1, tendo o colaborador de a transportar para a ponte (Figura 23). No caso de haver congestionamento na ponte, as paletes ficam em espera no *buffer* central até chegar a sua vez de passar para o Armazém E2.



Figura 23: Carrinho abastecedor (à esquerda); Ponte de ligação do Armazém E1 ao B (à direita)

No momento em que as paletes chegam ao Armazém E2, podem ser direcionadas de imediato para a zona de conversão para carrinhos, ou no caso desta zona estar cheia, para a zona de *buffer*.

Antes de avançar, é importante perceber como o sistema decide que estes produtos têm de ir para a zona de conversão. Esse processo de decisão é demonstrado pelo algoritmo para *picking* pesado manual explicado de seguida.

3.2.1 Algoritmo para *picking* pesado manual

As condições que ditam que uma paleta é direcionada para a conversão para carrinhos abastecedores em vez de ir para um *container* são as seguintes:

- Artigos com dimensões que impossibilitam o seu armazenamento em *containers* (exemplo: os guarda-chuvas compridos medem 85cm, ou seja, não é possível inseri-los nos *containers*, cujas dimensões são 40 cm de largura e 60 cm de comprimento).
- Pedidos de *picking* nível 0, se o número de caixas a fazer *picking* for superior a 7, exceto se for PBO.
- Pedidos de *picking* paleta inteira, se o número de caixas na paleta for superior a 7.

Os casos de pedidos no armazém podem ser bastante complexos e, após um destes, a solução pode ser a junção de mais que um tipo de *picking*.

Vejamos o seguinte exemplo:

Surge um pedido total de unidades de uma referência, para 100 lojas, sendo 10 unidades para cada loja. Verifica-se que não existem caixas PBO para esta referência. No nível 0 temos 8 caixas de 45 unidades e 1 caixa de 125 unidades. Na arrumação fina estão armazenadas 150 unidades do produto em questão.

Como o sistema não possui PBO para esta referência continuam 1000 unidades por distribuir. O sistema vai de seguida gerar uma tarefa de *picking* pesado para a caixa de 125 unidades, sendo depois essas peças separadas pelas lojas por *containers* a circularem no tapete.

Faltam agora distribuir 875 unidades. Para as 8 caixas vai ser gerada uma tarefa de *picking* pesado manual, cuja mercadoria será distribuída por carrinhos abastecedores. Restam as 150 unidades da arrumação fina que vão ser distribuídas por circulação em *containers* no tapete de rolos.

As 365 unidades em falta serão distribuídas assim que houver produtos disponíveis no armazém.

3.2.2 Zona de conversão

Na zona de conversão é realizada a transferência de produto das caixas para os carrinhos abastecedores. No início do projeto a zona de conversão estava delineada para ser como se mostra na Figura 24. Cada posto de trabalho consistia em dois espaços de paletes para conversão e seis espaços para carrinhos abastecedores. Inicialmente foram apenas montados cinco postos tendo-se previsto que para situações futuras viria a ser necessário colocar mais sete destes postos. É nesta zona que o operador efetua a passagem do produto de uma paleta para os carrinhos abastecedores.

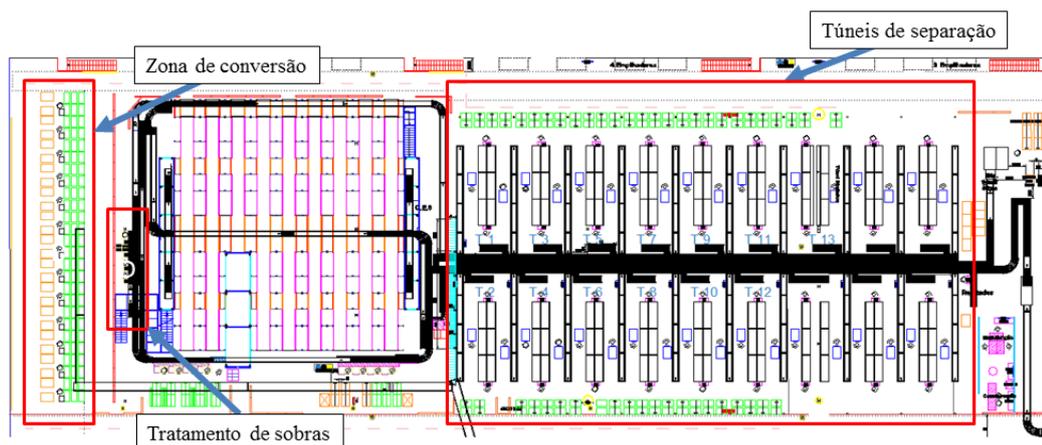


Figura 24: Layout do túnel grande

Nesta zona o operador, que vai realizar a conversão, “pistola” a paleta com recurso ao PDA, surgindo o seguinte ecrã (Figura 25):

Conversão Carrinhos	
Paleta:	STK000000146
Túnel:	TG10
SKU:	85682PA_39
Qtd:	8
Carrinho:	8G000000001
SKU:	85682PA_39
Qtd:	8
Enter: OK Esc: Voltar F1: Opções	



Figura 25: Ecrã do PDA para conversão de carrinhos (à esquerda); operador a converter peças para carrinho (à direita)

Neste ecrã o operador insere no carrinho a quantidade de peças que o sistema lhe indicou. Como é possível verificar no ecrã, esta quantidade só vai para um dos túneis do Túnel Grande. Para terminar a associação das peças ao carrinho o operador “pistola” o código de barras do carrinho, o SKU e insere a quantidade, que pode ser inferior à que o sistema pediu, já que a capacidade do carrinho é limitada. Nesse caso, o operador indica a quantidade e o sistema assume a restante quantidade de produto como ainda não convertida. O colaborador coloca então o carrinho na zona de saída de carrinhos cheios para que este possa ser transportado para o túnel destino.

3.2.3 Zona dos túneis

Esta zona é composta por vários túneis. Na Figura 26 podem observar-se os túneis 4 a 10 como exemplo. Cada túnel é composto por vários estantes com posições para caixas, equipado com

um sistema *Put-to-Light*, sendo cada caixa referente a uma loja Parfois, própria ou franchisada.

Como mencionado anteriormente, este sistema permite ao colaborador saber a loja-destino do produto e a quantidade respetiva. O operador, ao chegar ao túnel, “pistola” o código de barras do carrinho e o código de barras da sua identificação. Após isto surge no ecrã desse túnel o número de lojas destino e a quantidade total. No corredor acendem-se as luzes de cada uma dessas lojas indicando a quantidade a alocar.

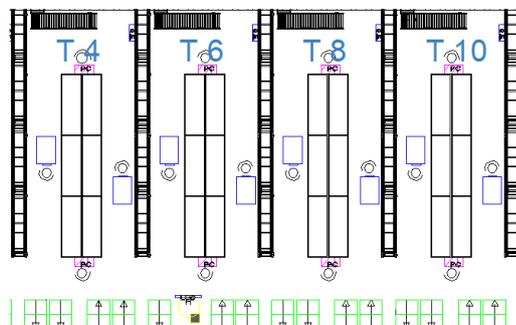


Figura 26: Layout dos túneis pares 4 a 10

O operador insere a quantidade requerida e carrega no botão de confirmação, desligando-se a luz respetiva. Quando se verifica que a caixa está cheia, o operador deve indicar no sistema a caixa como fechada e colocá-la no tapete para que esta passe para a zona de expedição. Isto é uma das formas de encaminhar as caixas para a expedição, porém, no caso de haver um envio, duas horas antes deste, todas as caixas referentes a este envio são fechadas e colocadas na linha.

3.2.4 Tratamento de sobras

O objetivo deste posto, quando falado no processo de conversão para carrinhos, consiste em colocar os artigos que sobraram na paleta, em *containers*, para arrumação, caso não exista um túnel destino para estes produtos ou tratar erros de *stock*. Porém, nesta fase inicial, no caso das quantidades pedidas para um determinado túnel serem muito reduzidas, o operador pode optar por não colocar o produto no carrinho abastecedor, já que o carrinho irá praticamente vazio, e levar a caixa com o produto para o tratamento de sobras (Figura 27), para ser transportada para o túnel pela linha.

Nesta zona o operador entra no menu de tratamento de sobras do seu PDA, retira o produto das caixas e coloca-o num *container* localizado na linha de *containers* vazios. De forma a associar o produto ao *container*, o operador “pistola” o código de barras do SKU, o do *container* e por fim indica a quantidade que inseriu. Se a capacidade do *container* não for suficiente para inserir a quantidade total de produtos nas caixas, o operador repete o processo noutra *container*, e assim sucessivamente, até não restar qualquer produto na paleta.



Figura 27: Postos de trabalho - Tratamento de sobras

Chama-se a esta zona tratamento de sobras porque os *containers* que chegam à linha de sobras são *containers* que já estiveram na distribuição pelas lojas e que já não têm mais destinos. Eles podem chegar vazios ou ainda com produto. Aqui o operador pega no *container* e “pistola” o código de barras com o seu PDA, indicando posteriormente se o *container* se encontra vazio ou cheio. Se estiver vazio é colocado na linha de *containers* vazios. Se estiver cheio o operador indica a quantidade que contém e coloca-o na linha para arrumação.

3.3 Pontos de melhoria

No presente subcapítulo serão abordados os problemas que condicionam o fluxo dos produtos no centro logístico.

Zona de conversão

Inicialmente, verificou-se que o *layout* definido em AutoCad, no repositório da empresa, não é seguido na prática (Figura 28). A Gestão Visual nos postos de trabalho é residual, sendo que apenas fitas no chão são capazes de limitar alguns dos espaços para paletes e carrinhos.



Figura 28: Desorganização na zona de conversão

Verificou-se da mesma forma que não existe qualquer distinção de zonas para carrinhos cheios ou vazios. Tendo em conta a indefinição, esta separação ficou ao critério do colaborador.

O operador ao retirar o plástico que reveste as paletes não possui caixotes de plástico no seu posto para o colocar, fazendo com que este invista tempo a transportar para um caixote relativamente distante.

Outro ponto que se verificou ser essencial alterar foi o processo no qual o operador abre a caixa e, depois de retirar o produto, é obrigado a abrir a caixa por completo e colocar o cartão num carrinho de maiores dimensões para esse efeito (Figura 29), demorando 15 segundos por caixa. Estes carrinhos são depois encaminhados para um contentor, localizado no exterior do edifício, onde são descarregados, atividade que dura em média 1 minuto e 40 segundos.



Figura 29: Carrinho de cartão (à esquerda); Operador a colocar cartão no contentor (à direita)

O processo é bastante lento, sendo fundamental encontrar uma solução para que o operador não gaste tempo a cortar as caixas vazias. Por esta razão está planeada a montagem de uma linha de transporte do cartão, que irá agilizar o processo.

Da mesma forma, o modo como se transportam os carrinhos para a zona dos túneis não é claro. O operador tanto poderá optar por transportar os carrinhos à mão para os túneis, como poderá optar por transportar com um *order-picker* até 4 carrinhos simultaneamente. A primeira opção não é produtiva uma vez que o operador tem de percorrer sempre a distância entre túneis e zona de conversão para levar apenas um carrinho. A segunda opção, ainda que mais produtiva, tem como desvantagem deixar ao critério de cada operador qual a solução a usar.

Zona dos túneis

Na zona dos túneis, como podemos verificar na Figura 30, não existe uma marcação com a zona de entradas dos carrinhos cheios e saída de carrinhos vazios. Não havendo procedimento, o operador poderá colocar o carrinho num local sem critério, o que causa desorganização.

Adicionalmente, os corredores têm uma largura limitada (1,50 metros). Alguns carrinhos possuem uma dimensão pouco adequada para que possam circular facilmente nos túneis e seja possível o cruzamento de dois carrinhos. É assim necessário seleccionar, ou até mesmo criar, carrinhos com as dimensões corretas, ou seja, largura inferior a metade da largura do corredor.



Figura 30: Desorganização à entrada do túnel

Tratamento de sobras

O tratamento de sobras é um dos maiores desafios de melhoria. De acordo com o procedimento definido, na conversão para carrinhos, quando sobra produto nas paletes, o excedente é direcionado para o tratamento de sobras. Contudo, o tratamento de sobras encontra-se a uma distância de 6 metros da zona de conversão (Figura 31), havendo necessidade de o operador se deslocar do seu posto de trabalho.

De acordo com a filosofia *Lean*, e como abordado no capítulo 2, o “Movimento de pessoas” distingue-se como um dos 7 desperdícios. Os movimentos desnecessários de colaboradores, são resultantes de uma fragilidade no desenho do *layout*.

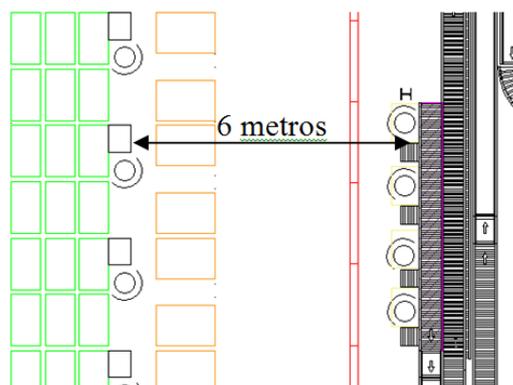


Figura 31: Distância entre a zona de conversão e o tratamento de sobras

Carrinhos abastecedores

Cada carrinho dá para apenas um túnel. O carrinho da Figura 32 é um exemplo do que foi observado constantemente, isto é, muitos carrinhos abastecedores a transportarem uma quantidade de produto muito aquém da sua capacidade. Os carrinhos que transportam produto com menos de metade da sua capacidade, colide com uma das razões pela qual foi criado o sistema de carrinhos abastecedores: um método capaz de transportar grandes quantidades de mercadoria de uma só vez, num só *container*.



Figura 32: Carrinho abastecedor com pouco produto

Os carrinhos abastecedores são a peça essencial de todo o processo. Quanto mais adequado for o carrinho utilizado maior é a facilidade para o operador: converter produto para o carrinho; transportar os carrinhos para a zona dos túneis; circular nos corredores dos túneis.

É notório que os carrinhos abastecedores utilizados nesta fase inicial do projeto podem ser significativamente melhorados, podendo ser apontadas as seguintes desvantagens:

- **Peso excessivo:** Alguns dos carrinhos utilizados atingem 65 kg, implicando que, quando é necessário fazer mudanças de direção com ângulo apertado, o operador sinta dificuldades.
- **Difíceis de dirigir:** Complementarmente ao que foi enunciado no ponto anterior, as rodas não giratórias resultam em dificuldade a manobrar o carrinho. Adicionalmente, o facto de nem todas as rodas serem giratórias coloca também em questão o *layout* inicial, já que se torna impraticável colocar todos os carrinhos lado a lado, uma vez que carrinhos não se deslocam lateralmente.
- **Grandes dimensões:** A largura dos carrinhos excede mais de metade a largura de um corredor de túnel. Desta forma não é possível o cruzamento dos carrinhos abastecedores nesses espaços, nem mesmo com os carros transportadores de *containers* que são de menores dimensões (Figura 33).
- **Altura não adequada:** Os carrinhos que tinham a superfície inferior muito baixa levavam os operadores a posições menos ergonómicas. Para alguns operadores tornava-se inviável chegar ao fundo do carrinho por se verificar que as laterais estavam demasiado altas (Figura 33).



Figura 33: Problemas com os carrinhos abastecedores (à esquerda, um carrinho abastecedor a impedir a passagem de um carro transportador de *containers*; à direita, operador com dificuldade em alcançar produto do carrinho)

Rotas

Outro fator que reduz a produtividade deste processo são as distâncias percorridas. Entre túneis (Figura 34) as distâncias atingem os 155 metros. Se for uma pessoa, ou qualquer outro meio, a levar um carrinho de cada vez, têm de percorrer a distância até ao túnel, deixar o carrinho e voltar à zona de conversão para ir buscar outro carrinho. Estas deslocações são um aspeto importante a melhorar, de forma a reduzir o tempo despendido.

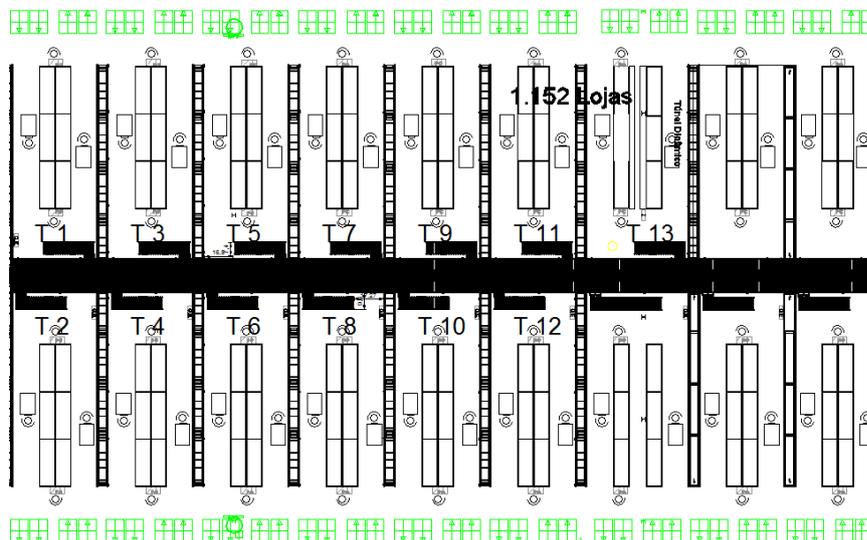


Figura 34: Zona dos túneis (60m*35m)

Caso os carrinhos não tivessem apenas um túnel como destino seria possível reduzir o espaço percorrido e consequentemente, reduzir tempo.

No capítulo 4 são apresentadas as soluções desenvolvidas para fazer face aos problemas descritos, assim como as metodologias seguidas para a sua obtenção.

De uma forma sucinta, as melhorias estão relacionadas com a necessidade de aumento da produtividade, da organização e da delimitação dos espaços, com a melhoria dos carrinhos para transporte do produto, com um novo sistema de transporte do produto e com uma boa gestão visual que permita ao operador perceber de forma clara como efetuar o seu trabalho.

4 Melhoria dos fluxos dos produtos de picking pesado manual no armazém E2

Como foi possível verificar no capítulo anterior, existe um potencial de melhoria dos processos existentes na fase inicial do projeto. No presente capítulo serão apresentadas as alterações realizadas ao *layout* dos postos de trabalho e aos carrinhos abastecedores, bem como protótipos que levaram à solução final. Será assim apresentada a solução final dos novos processos para estes postos. Posteriormente serão apresentadas três propostas de sistemas distintos, onde as diferenças residirão essencialmente no tipo de veículo utilizado para movimentar os carrinhos abastecedores: AGV, *order-picker* ou *mizusumashi*. Por fim, será feita uma análise comparativa dos pontos positivos e negativos de cada um dos sistemas de forma a concluir qual o mais adequado para implementação.

4.1 Alterações ao *layout* e carrinhos abastecedores

Para melhor compreender as alterações ao *layout* do armazém, neste subcapítulo são explicadas detalhadamente as modificações de que foram alvos os 3 postos de trabalho relacionados com o processo resultante do *picking* pesado manual.

4.1.1 Zona de Conversão

A zona de conversão foi alvo de várias alterações ao longo de todo o projeto. Como foi possível inferir no capítulo 3, os pontos essenciais a abordar são a Gestão Visual, a organização do espaço, a diminuição de tempos e um melhor enquadramento com o novo processo.

Desenho de Layout

No decorrer do projeto foram desenhados vários protótipos em AutoCad. Sempre que se verificou o potencial de um determinado protótipo, este era marcado e testado no terreno, como é possível observar na Figura 35.



Figura 35: *Layouts* de postos de conversão testados no terreno

Os três objetivos principais no desenho dos postos de trabalho da zona de conversão foram:

- criar um espaço organizado por forma a tornar o trabalho do operador mais intuitivo;
- reduzir os movimentos dos operadores, aumentando a produtividade do mesmo;

- criar um equilíbrio quantitativo entre as paletes a converter e os carrinhos abastecedores a encher.

Foi feita uma avaliação empírica dos protótipos no terreno, sendo os operadores questionados acerca da viabilidade dos mesmos. Esta combinação de perspetivas permitiu obter conclusões mais sustentadas.

À medida que foram pensados os novos protótipos, verificou-se que o local onde se encontrava a zona de conversão não possuía espaço suficiente para os mesmos. Um estudo realizado, com os dados obtidos no período de 21/09/15 a 12/10/15, revelou os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados do estudo da conversão de banheira

	Dia		Hora	
	Média (unid)	Máximo (unid)	Média (unid)	Máximo (unid)
Paletes	40	86 (6/10/2015)	5	17 (15h - 6/10/2015)
Carrinhos	240	516	30	102
Pessoas	1	2	1	3

O número de pessoas para lidar com o número de carrinhos indicados foi calculado tendo em consideração que, com o novo processo, uma pessoa será capaz de converter produto para um carrinho numa média de 90 segundos. Isto resulta numa cadência de 40 carrinhos abastecedores convertidos por hora. Assim, depreende-se que para o pico de carrinhos durante uma hora (102) bastariam 3 pessoas para o fazer.

Foi referido no capítulo 3 que, numa fase inicial, 5 postos estavam montados e 7 outros estavam planeados para montagem, perfazendo o total de 12 postos. Após a realização de testes verificou-se que o número total de postos ultrapassa largamente a capacidade máxima necessária. Como resultado, o número de postos foi reduzido para 7, um valor que se estima ser adequado às exigências futuras do armazém, em função do crescimento da Parfois.

A diminuição de postos levou à necessidade de se criar mais espaço para as paletes em cada um dos postos, diminuindo desta forma o risco de falta de produto na zona de conversão. Adicionalmente, o aumento do número de paletes implicaria um aumento do número de espaços para carrinhos. Conclui-se assim que seria adequado aumentar o número de paletes para o dobro, sendo que cada posto passa a ser constituído por 4 espaços para paletes.

Após um estudo da relação entre as paletes e os carrinhos, suportado pelo novo processo que será descrito, determinou-se que em média uma paleta daria origem a 5 carrinhos. Desta forma, a relação entre número de paletes e carrinhos do posto de trabalho teria de espelhar este valor. Concluiu-se que para os 4 espaços definidos para as paletes terão de existir 20 espaços para carrinhos abastecedores.

Layout final

Os estudos acima descritos tiveram como consequência o *layout* definido como final e que se encontra representado na Figura 36.

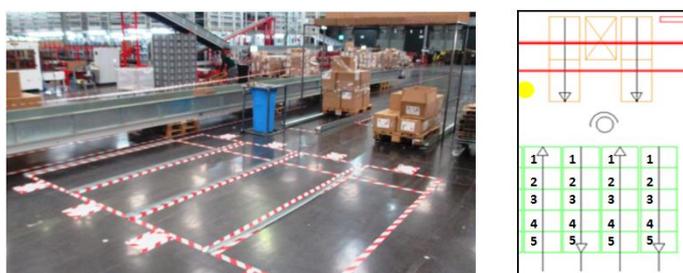


Figura 36: *Layout* final do posto de conversão

Com este último *layout* surgiu a necessidade de repositonar a zona de conversão, uma vez que este local não possuía espaço suficiente para fazer face às necessidades do novo posto. A mudança de local da zona de conversão foi realizada no período de dois dias. As alterações podem ser observadas na Figura 37.

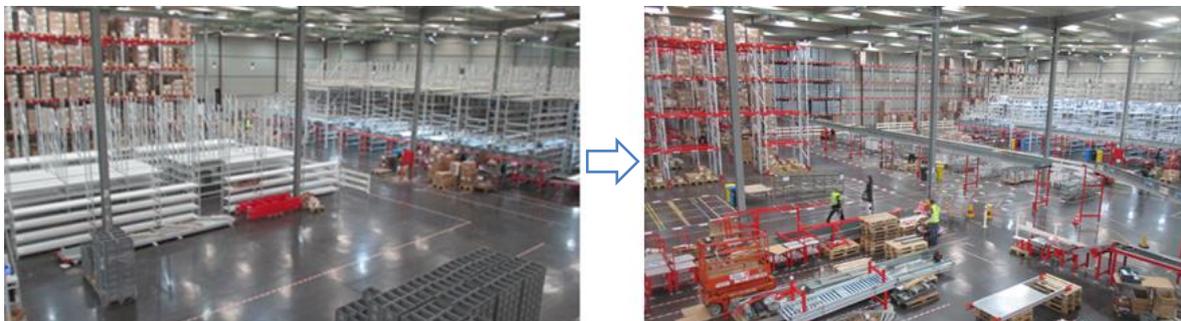


Figura 37: Fotos do antes e depois das mudanças no armazém para recolocação da zona de conversão

A Figura 38 permite-nos observar as alterações realizadas. A obra envolveu a remoção das estruturas que estariam destinadas a armazenar os consumíveis, sendo ainda removidas cerca de 60 *racks* da arrumação pesada e movidos 14 destes *racks* para a anterior zona de conversão.

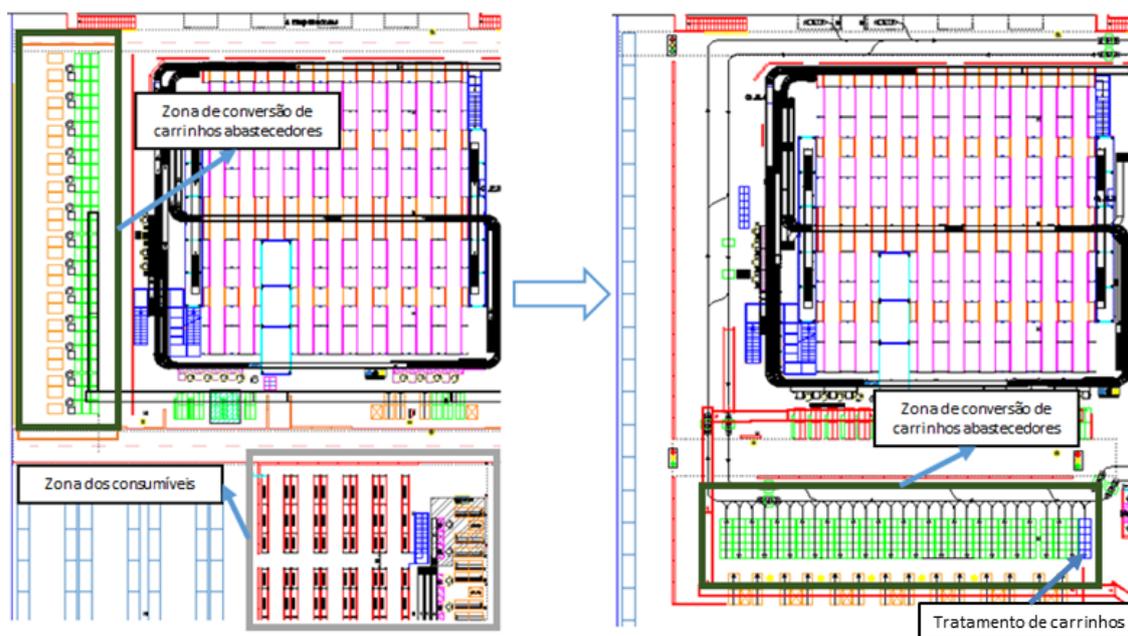


Figura 38: *Layout* antes e depois da mudança da zona de conversão

Cada posto de trabalho do *layout* final passa a ser composto da seguinte forma:

- 4 filas de carrinhos abastecedores, sendo 2 para vazios e 2 para cheios;
- Espaço para 5 carrinhos em cada fila;
- 4 paletes de produto por posto de trabalho – alinhadas 2 a 2 sobre esteiras (estruturas de rolos que permitem o deslizamento das paletes);
- Caixa de plástico com tampa plana a servir de mesa e suporte para *x-ato* (Figura 39);
- Linha de cartão a passar a 2,06 metros;
- Cantoneiras da posição 1 à 4 em cada corredor;
- Gestão visual a identificar tipos de fila;
- Ecrã fixo com pistola *scanner* (Figura 39).

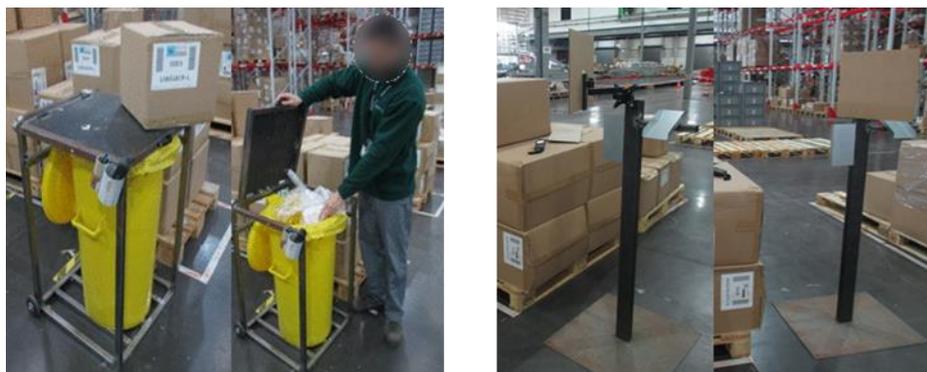


Figura 39: Protótipo de caixote do lixo (à esquerda); Protótipo de suporte para ecrã e pistola *scanner* (à direita)

Haverá também uma fila de tratamento de carrinhos destinada aos carrinhos em que foram verificados erros.

Como referido anteriormente, o número de espaços para carrinhos e paletes foi desenhado de forma a estabelecer um equilíbrio entre estes dois componentes. O caixote, elemento que anteriormente não existia nos postos, inclui ainda uma tampa plana para permitir ao operador ter um local específico para pousar a caixa que será aberta com o *x-ato*.

A linha de cartão que passa no posto permitirá que o operador se desvincule das atividades de cortar as caixas de cartão, de as colocar num carrinho e de as transportar para o contentor de cartão, onde despendia, em média, 2 minutos e 30 segundos para cortar, por palete e 1 minuto e 40 segundos para transportar o carrinho cheio. Infere-se assim que esta melhoria terá um significativo impacto no aumento da produtividade através da redução de tempos. Com esta implementação o operador necessitará apenas de colocar a caixa vazia na linha. A caixa é de seguida direcionada para um contentor equipado com uma prensa, como é possível observar na Figura 40. O cartão é posteriormente enviado para uma empresa de reciclagem.



Figura 40: Linha de cartão (à esquerda); Contentor com prensa (à direita)

As cantoneiras, da posição 1 à 4, foram colocadas para assegurar um bom posicionamento dos carrinhos já que, se estes se encontrarem fora da localização gravada em sistema, será colocado em causa todo o processo. Refere-se ainda que por se verificarem perturbações nas movimentações do operador no seu espaço de trabalho, optou-se por não colocar cantoneiras na posição 5. O *layout* da zona de conversão pode ser consultado com maior detalhe no Anexo A.

4.1.2 Zona dos Túneis

No que diz respeito ao *layout* das entradas dos túneis, as oportunidades de melhoria eram mais reduzidas devido às restrições de espaço. Não obstante, foram consideradas melhorias ao *layout* com o objetivo de maximizar e igualar as áreas ocupadas pela entrada e pela saída de carrinhos, nos túneis. Conclui-se que o número máximo de espaços para carrinhos é 4, valor que não interfere com a circulação das máquinas pelo corredor. Sendo assim concluiu-se que

o *layout* final deverá ser o representado na figura 41, e que pode também ser consultado com maior detalhe no Anexo B.

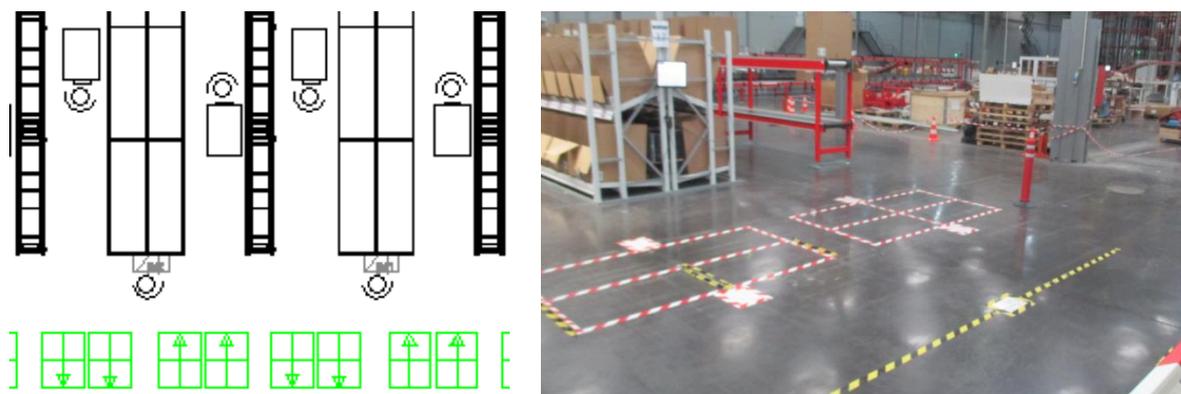


Figura 41: *Layout* final da entrada dos túneis

Este *layout* passa a ser constituído pelos seguintes elementos:

- 4 espaços para entrada de carrinhos abastecedores e 4 para saída em cada túnel;
- A distribuição do produto com carrinhos no túnel é feita no sentido contrário aos ponteiros do relógio;
- Gestão visual a indicar aos colaboradores a zona respetiva a cada tipo de carrinho.

4.1.3 Tratamento de sobras

De seguida são abordados os protótipos idealizados para o tratamento de sobras e a solução final de *layout* deste posto.

Protótipos de Layout

Numa fase inicial do projeto idealizou-se, no tratamento de sobras, 6 filas de carrinhos abastecedores, sendo 3 filas para carrinhos cheios e 3 filas para vazios. Cada fila seria constituída por 2 espaços, como representado na Figura 42.



Figura 42: Protótipo de *layout* na zona de tratamento de sobras

Com o novo processo verificou-se que em média apenas um carrinho por palete da zona de conversão é colocado no tratamento de sobras. Tal acontece porque apenas os produtos de carrinhos para arrumação necessitam de ir para esta zona. Desta forma, e considerando que quando se coloca um carrinho na área de tratamento é possível retirar um carrinho já tratado, conclui-se que são necessários 2 espaços. Estes espaços distinguem: posição 1 - espaço para entrada do carrinho cheio e posição 2 – espaço para saída do carrinho vazio.

Layout final

O *layout* final, representado na Figura 43 e que pode ser consultado em detalhe no Anexo C, resulta da alteração do número de espaços referida no ponto acima. No *layout* final estes espaços encontram-se alinhados para que, com a potencial implementação do sistema com AGV, haja possibilidade do veículo colocar/remover carrinhos desta zona, sem alterar o seu sentido ou direção.

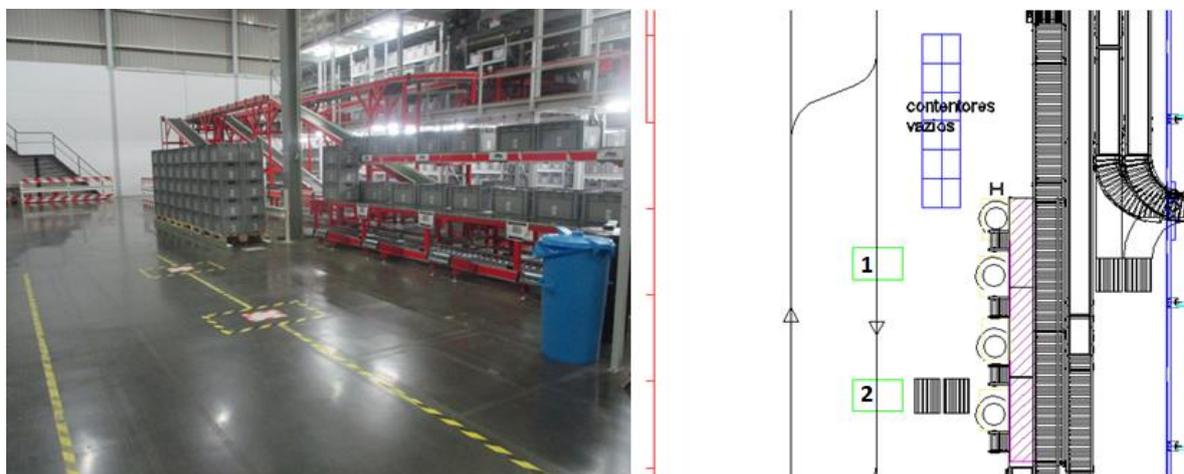


Figura 43: *Layout* final da zona de tratamento de sobras

O tratamento de sobras passa a ser constituído da seguinte forma:

- 1 espaço para entrada de carrinho (posição 1) e 1 espaço para saída (posição 2);
- Gestão visual a indicar aos colaboradores a zona respetiva a cada tipo de carrinho;
- 4 paletes com contentores vazios para arrumação de produto dispostas sobre esteiras.

4.1.4 Carrinhos abastecedores

Os carrinhos abastecedores que eram utilizados revelavam características que os tornavam inadequados para os processos que realizam. Por esta razão, foram alterados e testados vários carrinhos (Figura 44), a fim de verificar qual seria o mais adequado.

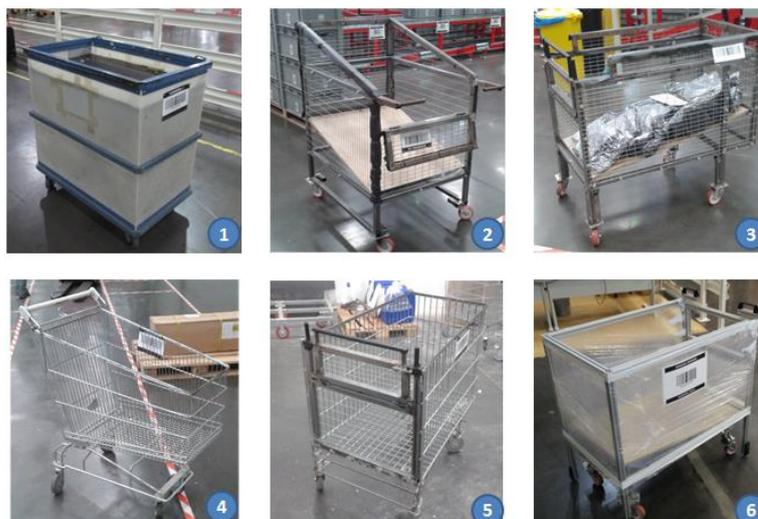


Figura 44: Protótipos de carrinhos abastecedores

Importa salientar que todos os carrinhos respeitam um limite mínimo de 300 litros de capacidade e que os carrinhos criados possuem as medidas adequadas para que seja possível o cruzamento entre carrinhos nos corredores dos túneis.

Protótipo 1:

O protótipo 1 teve como objetivo colmatar a dificuldade do operador em alcançar o produto. Desta forma, foi introduzida uma mola no interior do carrinho. Com o peso dos produtos, a mola comprime, permitindo alcançar a capacidade mínima. À medida que o operador retira o produto, a mola faz subir o tampo, levando a que o operador não tenha necessidade de se curvar.

Ao testar o protótipo verificou-se que a diferença de peso/volume dos produtos resultava na variação da capacidade do carrinho. Para produtos com grande volume e baixo peso o tampo não descia o suficiente, tornando-se inviável manter a capacidade mínima de 300 litros. Desta forma o protótipo 1 não foi considerado.

Protótipo 2:

O protótipo 2 apresenta um desnível no tampo, tendo sido adicionada uma porta de modo a facilitar o trabalho dos operadores de baixa estatura. No entanto, verificou-se que as barras existentes entre as rodas colocavam em causa o sistema com AGV.

Protótipo 3:

O protótipo 3 surge baseado no protótipo 2 mas com a remoção das barras entre as rodas. Este protótipo foi testado por diversas vezes no terreno e com o decorrer dos testes demonstrou problemas no manuseamento, estabilidade e controlo da rota, quando percorridos os corredores dos túneis, razões porque não foi considerado.

Protótipo 4:

O protótipo 4 trata-se de um carrinho tipicamente usado em supermercados. Como é sabido, os carrinhos de supermercado são utilizados há vários anos para transportar cargas com peso considerável, de fácil uso e de fácil manutenção.

Após testes verificou-se que, quando o operador se posicionava no carrinho, havia dificuldade em retirar o produto do carrinho. Com o objetivo de ultrapassar esta dificuldade, foram realizadas alterações, dando origem ao protótipo 5.

Protótipo 5:

A partir do protótipo anterior, foi adicionada uma porta para facilitar o acesso ao produto e alterada a parte inferior de forma a permitir a passagem do AGV.

Os carrinhos de supermercados possuem um ligeiro estreitamento desde a traseira à zona frontal permitindo o seu estacionamento ocupando o menor espaço possível. Embora vantajoso para diversas situações, para este caso revelou-se uma clara desvantagem uma vez que a necessidade de estacionamento não se verifica, e o estreitamento dificulta o bom posicionamento dos carrinhos quando encostados lado a lado.

Os protótipos anteriores ficam desta forma desconsiderados, uma vez que os *layouts* dos postos de trabalho exigem que os carrinhos, quando encostados lado a lado, se mantenham bem posicionados.

Protótipo 6:

Concluiu-se que seria necessário criar um protótipo com as mesmas dimensões destes últimos, à exceção do estreitamento. Adicionalmente, desenhou-se um modelo que tornaria o carrinho significativamente mais leve. Ao invés de se colocar aço, utilizou-se perfil de alumínio 30x30, com as partes laterais revestidas por filme de plástico, que seria posteriormente substituído por acrílico. Com esta alteração o novo protótipo, com 22,9kg, diminui o seu peso em 8kg face ao protótipo 5 e em 41kg face a alguns carrinhos utilizados no início do projeto.

Considerando ainda o protótipo 6, foram incluídas pegas para facilitar o controlo ao operador, e uma inclinação no tampo para facilitar o alcance do produto. Foram ainda acrescentadas extensões de perfil de alumínio nos cantos do carrinho, para permitir o seu endireitamento quando colocado entre as cantoneiras. Posteriormente foram adicionadas camadas de nylon nos cantos referidos, uma vez que o alumínio em contacto com as cantoneiras fazia um ruído incomodativo.

Na fase de testes observou-se que:

- As pegas do carrinho raramente eram utilizadas pelos operadores. Após questionados conclui-se que as pegas não eram vantajosas;
- O desnível do tampo era pouco eficaz uma vez que, não sendo acentuado, os produtos não deslizavam.

Na Figura 45 é apresentada a solução final, tendo sido removidas as pegas e o desnível, e alterada a altura de modo a facilitar o alcance do produto. Por fim foram incluídas guias na zona inferior do tampo permitindo um correto alinhamento com o AGV.

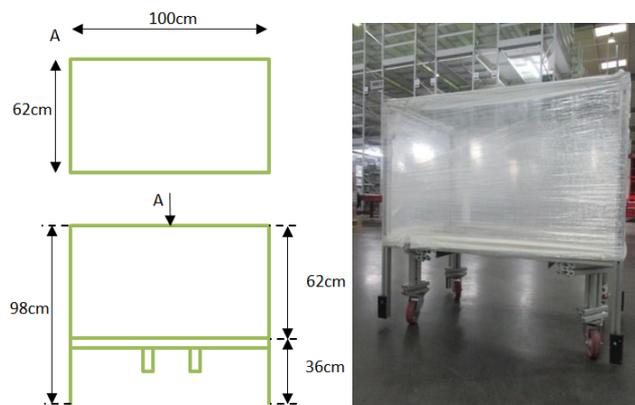


Figura 45: Desenho 2D Protótipo final de carrinho abastecedor (à esquerda) Foto do protótipo (à direita)

As características do carrinho final são as seguintes:

- Largura, comprimento e altura interiores e exteriores: 56*96*62cm : 62*102*98cm
- Carroçaria em perfil de alumínio 30*30mm;
- Menor distância entre rodas (610mm) e altura do chão à base inferior do tampo;
- Cantos inferiores a 20mm do chão, revestidos com *nylon* de 10mm de espessura;
- Faces do carro revestidas com acrílico de 5mm de espessura;
- Volume interior: 338 litros

4.2 Novo processo

De seguida são apresentados os testes que sustentam a criação do novo processo e explicados os novos movimentos nos postos de trabalho.

Testes

Como explicado no capítulo 3, observou-se que os carrinhos abastecedores transportavam quantidade de produto muito inferior à sua capacidade média. Desta forma, foi realizado um teste (Figura 46) com o objetivo de utilizar o volume total dos carrinhos. O teste consistiu em adicionar mais do que um código de barras a cada carrinho, sendo que originalmente os carrinhos continham apenas um código de barras associado a cada um túnel destino.



Figura 46: Teste de múltiplos códigos de barra num carrinho

Ao abastecer vários túneis com um único carrinho será possível reduzir o tempo associado às viagens do operador à zona de conversão. Também se quis verificar quantos túneis um carrinho abastece em média, e ver quantos carrinhos na sua total capacidade são necessários para converter uma paleta cheia. Os cálculos podem ser consultados no anexo D. Foram alcançados os seguintes resultados:

- Uma paleta cheia necessita de 4 a 5 carrinhos abastecedores;
- Em média um carrinho cheio é capaz de transportar o dobro do que seria transportado no processo atualmente em vigor;
- Foi possível alimentar 8 túneis com apenas dois carrinhos, o que indica que com o novo modelo a necessidade de carrinhos é reduzida em 75% face ao processo atual;
- De acordo com a ordem dada nos PDA observou-se que a distância entre túneis pares e ímpares é em média de 82,5 metros, enquanto que entre túneis só pares ou só ímpares a distância média é de 25 metros.

Desta forma, foi possível perceber a importância de se agrupar os túneis destinos pares com pares e ímpares com ímpares, reduzindo mais de 30% as distâncias percorridas.

Adicionalmente fez-se um segundo teste com o intuito de comprovar quantos túneis cada carrinho consegue abastecer, em média. O teste consistiu no seguinte:

- Foram recolhidos dados sobre a quantidade de carrinhos transportados na semana 51, que foi escolhida por representar a semana com mais movimento do ano;
- Foram recolhidos dados sobre a quantidade de um determinado SKU transportado desde o início do mês de Outubro, tendo sido considerado que seria a quantidade máxima transportada;
- Foi apurada a quantidade máxima de um determinado SKU que cada carrinho pode transportar.

Tendo uma aproximação da quantidade máxima que cada carrinho pode transportar de um determinado SKU foi possível fazer uma estimativa de quantos carrinhos teriam na verdade sido utilizados para transportar a mercadoria da semana de 14/12/15 a 19/12/15, isto se o processo não considerasse apenas um túnel para cada carrinho mas sim a quantidade máxima de produto em cada carrinho. Os resultados foram claros: utilizando este método o número de carrinhos necessários seria de 1714, menos 2034 carrinhos do que no processo em vigor. Os cálculos podem ser consultados no anexo E.

Como no sistema inicial a um código de barras de um carrinho é possível associar apenas um túnel destino, adicionou-se a alguns carrinhos um sistema que permitisse associar até três túneis destino. Assemelha-se ao sistema do teste acima descrito, porém o anterior era apenas exequível pelos membros do projeto, já que era pouco intuitivo, pouco prático e requeria o uso de uma folha em separado para apontar os túneis associados a cada código de barras. Criou-se então um sistema com os números de todos os túneis em cartões. O operador ao

associar o código de barras a um túnel, coloca o cartão do número correspondente num suporte situado por cima do código (Figura 47).



Figura 47: Carrinho com sistema de 3 códigos de barra

Este sistema foi utilizado na semana anterior ao Natal e verificou-se um sucesso no alcance da produtividade necessária para a altura em questão.

Processos nos postos de trabalho

Antes de se abordarem os 3 sistemas de transporte possíveis é importante analisar como funcionam os novos processos efetuados pelos operadores nos postos de trabalho, sendo em primeiro lugar feita a análise dos movimentos na zona de conversão.

As paletes chegam aos postos de conversão segundo uma ordem de prioridades previamente estabelecida. O operador acede ao menu de conversão (Figura 48) para carrinhos no ecrã do posto onde irá converter.



Figura 48: Protótipos de menus de PDA da conversão de carrinhos

Os movimentos efetuados pelo operador são os seguintes:

- 1- O operador ao converter produto da palete para carrinho coloca a quantidade máxima de caixas que esta pode suportar, retirando o produto dessas caixas;
- 2- O operador indica no PDA o número de caixas que inseriu no carrinho, “pistola” o código de barras do carrinho e do SKU;
- 3- No caso de sobrar produto na última caixa o operador faz a contagem desse produto e insere no PDA (este processo só deve ser utilizado em caso de engano do operador, já que este deve tentar colocar sempre caixas inteiras e se reparar que a próxima já não cabe por completo, deve fechar o carrinho);
- 4- De seguida coloca o carrinho na saída de carrinhos cheios, “pistola” o código de barras referente a essa fila e empurra até à posição 4;

Notas: Qualquer operador que vir um carrinho cheio na posição 5 sem que a linha esteja cheia, deve empurrar o carrinho para a posição 4. Caso a fila se encontre cheia no sistema (máximo 5), aparece no PDA uma mensagem de erro “Fila cheia. Colocar noutra”.

- 5- O sistema da Retail envia ao da Siilog a localização do carrinho, que por sua vez inclui o carrinho no buffer dessa fila e grava a hora a que foi associada numa matriz.

Como é possível verificar, o novo processo encontra-se bastante simplificado, face ao anterior. O novo processo resulta numa redução dos erros resultantes das contagens, uma vez que o operador fará a contagem do número de caixas e não do número de produtos.

De seguida será analisado o próximo posto de trabalho, onde se realiza a separação de produto pelas diferentes lojas. Inicia-se com o sistema de transporte, que deixa os carrinhos nas posições de entrada. De seguida o operador efetua os seguintes movimentos:

- 1- O operador retira o carrinho da zona de entrada e, com o *scanner* do túnel (Figura 49), lê o código de barras do carrinho e de seguida o código de barras do seu *nametag*;



Figura 49: Pistola scanner (à esquerda); Código de barras do carrinho (ao centro); Código de barras do operador(à direita)

- 2- O operador distribui o produto pelas caixas referentes a cada loja consoante o que lhe é indicado no ecrã e no sistema *put-to-light*;
- 3- Depois de terminar a distribuição o operador, com o PDA, pistola o código de barras do carrinho e a fila onde colocou. Se o carrinho não tiver outros túneis destino surge o seguinte ecrã (figura 50):

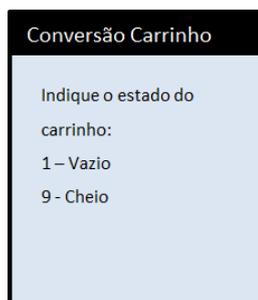


Figura 50: Protótipo de ecrã de indicação de estado do carrinho

- 4- **Carrinho vazio:** O próximo destino do carrinho é a zona de conversão

Carrinho cheio: O próximo destino do carrinho é outro túnel **ou**, caso não haja mais túneis destino, o tratamento de sobras.

Nota: O operador sempre que vê um carrinho numa das filas de saída na posição 1 e tem a posição 2 livre, deve trocar o carrinho para essa posição, de forma a colocá-lo ao alcance do AGV.

Para terminar, serão analisadas as movimentações do operador no tratamento de sobras. Como referido anteriormente, nesta zona existe um espaço para carrinhos cheios e outro para carrinhos vazios. A Figura 51 consiste nos protótipos de ecrãs que surgirão no PDA do operador deste posto.

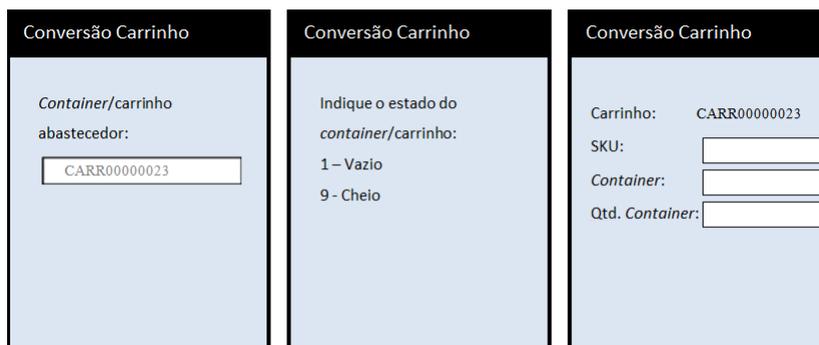


Figura 51: Protótipos de ecrãs do PDA para o tratamento de sobras

Os movimentos do operador são:

- 1- O operador retira o carrinho da posição 1.x
- 2- Entra no menu de tratamento de sobras;
- 3- “Pistola” o código de barras do carrinho abastecedor;
- 4- Indica se o carrinho contém ou não produto;
- 5- Passa esse produto para um *container*, “pistola” o código de barras do artigo, o código de barras desse *container* e indica a quantidade inserida;
- 6- Surge-lhe a questão “O carrinho ainda tem produto?”;
- 7- **Sim:** Operador repete o passo 5;
- Não:** Fim do tratamento;
- 8- Operador coloca carrinho na posição 2 do tratamento de sobras.

4.3 Sistema com AGV

O AGV idealizado para elaboração deste sistema encontra-se representado na Figura 52. Numa primeira análise poderá ser confundido com um AGV de carga mas pertence ao grupo de AGV com atrelado. Tal acontece pelo facto de o AGV não suportar qualquer tipo de carga, mas sim arrastar as cargas colocadas sob carros de transporte. Este veículo pode ainda inserir-se no subgrupo dos AGV *mouse*. Tem como principais vantagens o facto de não ocupar muito espaço, poder circular na zona inferior dos carrinhos abastecedores, por ter um sistema de encaixe aos carrinhos automático e por circular em ambos os sentidos.

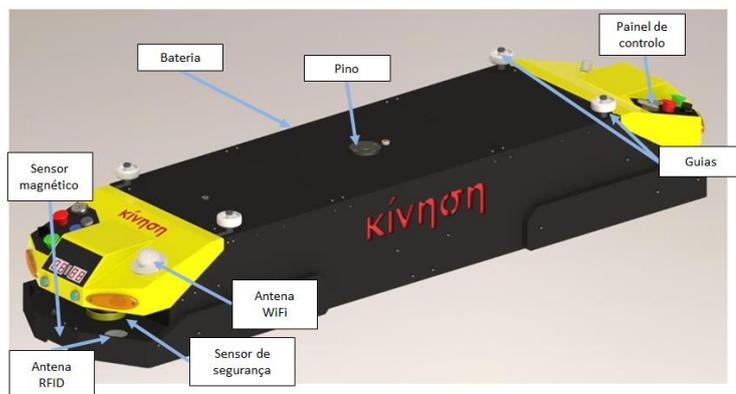


Figura 52: AGV da Kivnon - modelo K11BGMP1-400 dois sentidos

O modelo apresentado na Figura 52 contém um PLC, que se trata do “núcleo” do veículo. Serve como elemento central de comunicação entre todos os dispositivos e é responsável pelo controlo automático da navegação, com base nos algoritmos previamente programados. No centro do AGV podemos observar um pino equipado com um sensor. Assim que o material

dos carros é detetado, o pino sobe e só volta a descer através de ordens dadas pelo sistema. Este AGV possui um sistema de navegação com fita magnética. Através de um sensor magnético, recebe informação sobre o desvio ao centro da fita, permitindo regular a velocidade das rodas de forma a retomar a posição correta.

As antenas RFID existentes na parte da frente e na traseira do veículo são responsáveis pela leitura das RFID *tags*. Estas *tags* são pequenos componentes eletrónicos distribuídos pelo circuito, que são capazes de armazenar informação e transmiti-la ao AGV de forma a poder tomar as decisões necessárias. Estes componentes são capazes de armazenar informações como virar à direita, esquerda, seguir em frente, acelerar e desacelerar, porém, são apenas capazes de armazenar duas destas decisões, sendo este um fator muito importante a ter em conta no desenho de circuito. No anexo F podemos observar um possível circuito do AGV idealizado, que permite entender o tipo de ações que este poderá realizar.

Adicionalmente, tanto na parte da frente como na traseira deste AGV existe um *scanner* que permite evitar a colisão com obstáculos através da leitura da área circundante. Se um obstáculo for detetado o AGV abranda, e pode até mesmo parar se a distância for muito reduzida.

A solução aqui apresentada tem em conta as restrições inerentes ao funcionamento do AGV. Alguns pontos a considerar são: a necessidade do piso estar em bom estado, o chão estar livre de metal para não interferir com a leitura dos *tags* de controlo, os itinerários não poderão ser desenhados com inclinações superiores a 1% e as curvas deverão respeitar um raio mínimo de 800mm.

Com as alterações feitas ao *layout* apresentadas no subcapítulo 4.1 é possível passar para a explicação da solução com um sistema de AGV. É importante, antes de mais, esclarecer como será feita a comunicação dos veículos com o sistema, caso este seja implementado. Os AGV adquirem toda a informação do sistema da Siilog via WiFi de forma contínua e por leitura dos *tags* presentes no percurso. Já o sistema da Siilog por sua vez adquire a informação do sistema Retail, também via WiFi, sempre que haja uma alteração no estado do mesmo (exemplo: alteração da localização de um carrinho)

O percurso do AGV é cíclico, daí que definir um ponto de partida não seja fácil. Porém, para explicar o processo, podemos começar pelo momento em que o sistema verifica se existem carrinhos na zona de conversão prontos a serem levados. Nesta situação o sistema verifica se existem carrinhos em alguma saída de um túnel com algum destino livre. Sendo mais uma vez uma resposta negativa, o AGV entra em *stand-by*, até que uma das verificações anteriores tenha uma resposta positiva (Figura 53).

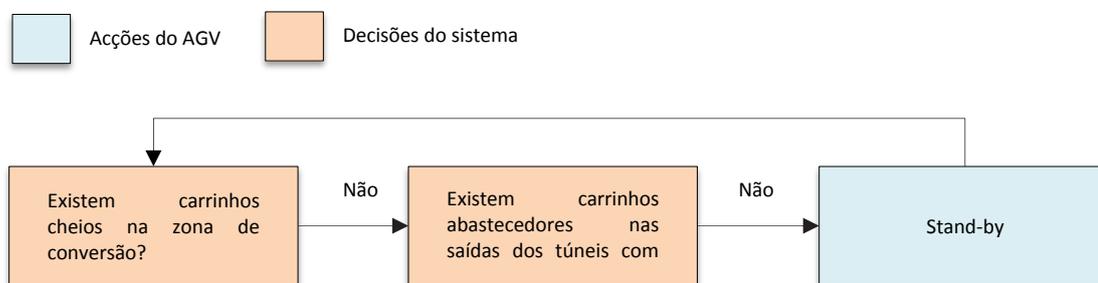


Figura 53: Processo de decisão do sistema

O sistema neste momento encontra-se num estado cíclico a percorrer continuamente estas duas questões. No entanto, é importante referir que esta é uma situação que poucas vezes ocorrerá, já que os carrinhos estão constantemente a ser convertidos. No caso de haver carrinhos cheios na zona de conversão, e prontos a serem transportados, o sistema envia essa informação ao AGV, que se dirige a uma fila de carrinhos cheios de forma a recolher um

carrinho. Esta seleção não é feita aleatoriamente sendo que o primeiro critério de escolha utilizado é o sistema *First In, First Out*.

Como explicado anteriormente, quando o operador aloca um carrinho à fila, a Siilog grava numa matriz a hora a que foi inserido, daí ser possível o uso deste sistema. Caso o sistema verifique mais que um carrinho à mesma hora, o critério de desempate é a proximidade ao AGV no presente momento.

De seguida, o AGV retira o carrinho da zona de conversão e dirige-se para um leitor situado à saída da zona de conversão (Figura 54).



Figura 54: Movimentos do AGV na zona de conversão (à esquerda); Exemplo de leitor (à direita)

O objetivo ao passar neste leitor consiste em determinar os túneis destino do carrinho e a ordem pela qual os vai abastecer. Neste ponto poderão ocorrer as situações retratadas no fluxograma representado na Figura 55.

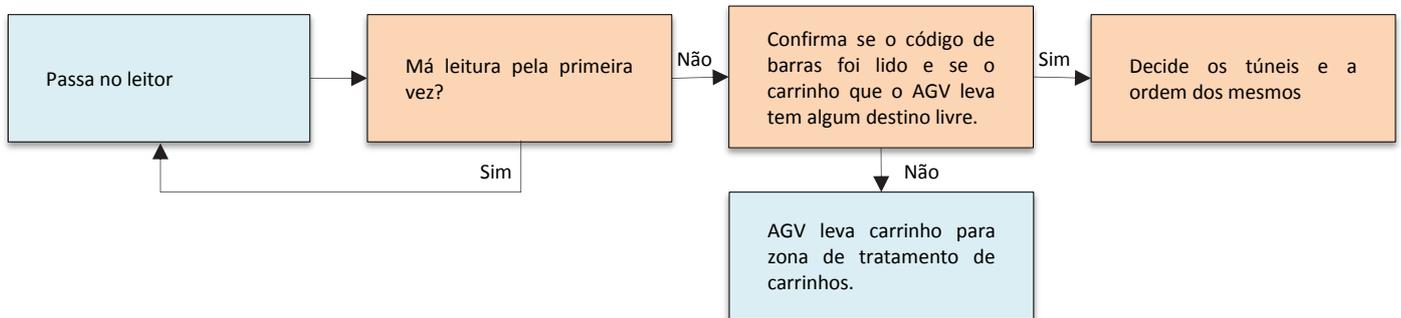


Figura 55: Processo de decisão no leitor

Ao passar no leitor, a leitura do código de barras poderá não ocorrer, e nesse caso, o AGV irá recuar e passar novamente no leitor. Se ocorrer uma má leitura novamente, o carrinho será deixado no tratamento de carrinhos. Outra forma do carrinho ir parar ao tratamento de carrinhos é quando se verifica que não existe qualquer destino livre a pedir o produto existente no carrinho. Caso não ocorra nenhum destes problemas, o sistema da Siilog decide quais os destinos do carrinho com base nas informações obtidas pelo sistema da Retail.

Esta decisão respeita determinados critérios. Em primeiro lugar, um dos túneis destino tem de estar livre nesse momento e de seguida, entre esses túneis, é decidido o primeiro túnel segundo os critérios de prioridades determinados previamente no sistema da Retail. Os restantes túneis são decididos por proximidade ao primeiro túnel. No processo de decisão é evitado ao máximo que um carrinho possua como destino túneis pares e ímpares, com o objetivo de redução das distâncias percorridas pelo AGV.

Decididos os túneis destino, o AGV leva o carrinho para o primeiro túnel. Deixa o carrinho e recua até ao corredor da zona dos túneis. É aqui que o sistema da Siilog verifica qual o

próximo destino do veículo. O processo de decisão encontra-se representado no fluxograma da Figura 56.

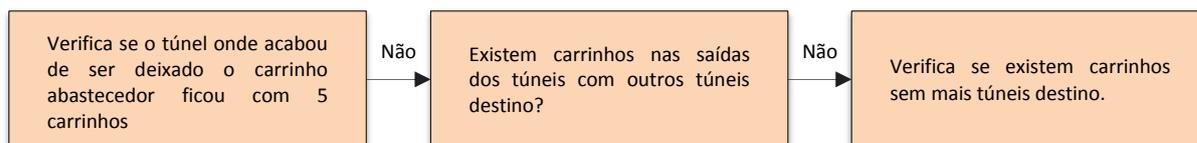


Figura 56: Critérios de decisão do próximo destino do AGV

O primeiro critério é um passo essencial que visa evitar que um túnel fique lotado de carrinhos. Como num túnel existe apenas espaço para 4 carrinhos nas posições de saída, não será possível que este valor seja excedido, somando os carrinhos nas posições de entrada, saída e os que estão a ser separados, para que o operador não se depare com a situação de após a separação, não ter sítio para alocar o carrinho. O caso do túnel ficar com 5 carrinhos só ocorrerá se o sistema souber previamente que existe já um carrinho numa fila de saída pronto a sair para outro destino e nesse caso o AGV removê-lo-á após colocar o quinto carrinho.

Não se confirmando esta situação, é verificada a existência de carrinhos para trocar para outros túneis. Em caso afirmativo o carrinho a trocar é escolhido segundo a proximidade ao AGV. Quando não houver mais carrinhos disponíveis para trocar entre túneis entra o segundo critério, sendo verificado se há carrinhos nas saídas dos túneis sem mais túneis destino. Para pegar no carrinho o sistema assume como prioritário que o carrinho tenha como destino o tratamento de sobras, e que a posição 1 desta zona esteja livre. Não se verificando isto o sistema pode indicar ao AGV para ir buscar um carrinho vazio e, neste caso, leva-o diretamente para a zona de conversão.

O sistema deixa o carrinho abastecedor numa fila de carrinhos vazios, retira de seguida um carrinho abastecedor segundo o critério FIFO e volta a passar no leitor. A partir daqui repete-se novamente o ciclo. Este sistema pode ser consultado com maior detalhe no fluxograma do Anexo G.

Gestão de tráfego e segurança

Como foi exposto no Capítulo 2, um sistema de AGV pode ser uma forma de aumentar a segurança num armazém. Porém, para se ter a certeza que existe segurança máxima tanto para as pessoas, máquinas, estrutura, como para o próprio AGV, deve-se ter a certeza que o sistema desenhado possui uma boa gestão de todo o tráfego (Figura 57).

Em primeiro lugar, para evitar colisões entre os próprios AGV definiu-se que existem duas vias, uma para cada sentido de circulação dos AGV, havendo apenas dois pontos que, por razões de espaçamento, só possuem uma via. Nestes pontos, através de sensores, será impedida a circulação de dois veículos em sentidos opostos. Ao longo do percurso os AGV poderão inverter o seu sentido de marcha nos pontos desenhados de passagem para a outra via.

Os locais onde há também circulação de empilhadores ou retráteis são controlados com uso a semáforos luminosos. A luz vermelha impede que o operador entre com a máquina no espaço controlado até que surja a luz verde. Este controlo é necessário para evitar o cruzamento destas máquinas com o AGV, já que uma colisão entre estes pode resultar num elevado prejuízo para a empresa.

A única forma dos AGV fazerem ultrapassagens uns aos outros é quando estes entram para as posições de entrada ou saída dos túneis. Nesta situação o AGV que vem atrás não necessita de esperar que o outro AGV efetue a operação, simplesmente avança, tendo em conta uma distância de segurança. O desenho das rotas do AGV pode ser consultado com maior detalhe

no Anexo H. Estas rotas foram simuladas no terreno com uma estrutura do tamanho do AGV, que pode ser observada no Anexo I, de forma a estudar a fiabilidade das mesmas.



Figura 57: Layout das rotas dos AGV

4.4 Sistema com *order-picker*

A segunda hipótese para um sistema de transporte de carrinhos abastecedores consiste num *order-picker*, guiado por um operador. Um dos principais fatores diferenciadores do sistema AGV consiste na capacidade superior do veículo utilizado. O *order-picker* possui um comprimento de garfos suficiente para transportar 4 carrinhos abastecedores.

Logo à partida surgiu um problema: esta máquina era capaz de transportar os carrinhos iniciais, porém o mesmo não acontece com os novos, devido à base do carrinho se encontrar a 35 cm do chão e os garfos do *order-picker* só atingirem 22cm de altura. Para ultrapassar este problema foi necessário criar um adaptador que encaixasse facilmente nos garfos e acrescentasse essa altura em falta. O protótipo criado pode ser observado na Figura 58.

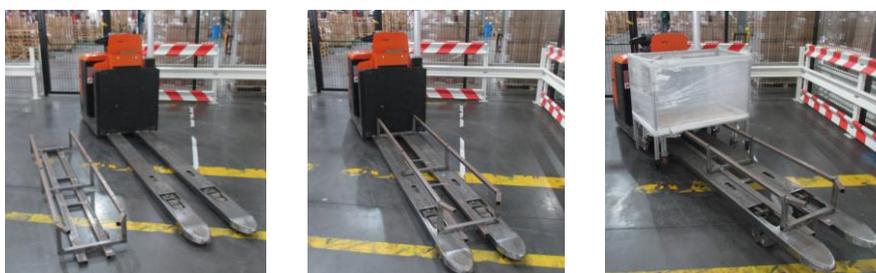


Figura 58: Adaptador do *order-picker* para carrinhos abastecedores

De seguida foi desenhado um processo semelhante ao processo com AGV, uma vez que tem como base os mesmos critérios na escolha de carrinhos.

O processo funciona com o operador a conduzir o *order-picker* até à zona de conversão. O operador entra no PDA no menu “Conversão de carrinhos” e vai “pistolar” um código de barras existente no local, que lhe vai abrir o processo para recolher os carrinhos abastecedores. Surge então um ecrã com os carrinhos a recolher, indicando a pista e o número de carrinhos que tem de retirar. O sistema indica no máximo 4 carrinhos para recolher mas o operador pode colocar menos carrinhos, carregando em F1 no PDA e indicando que o veículo se encontra cheio (Figura 59).

Figura 59: Ecrãs de PDA para recolha dos carrinhos abastecedores

O operador recolhe os carrinhos que lhe são indicados, “pistola” o código de barras do carrinho e o código de barras do *order-picker*, associando assim em sistema o carrinho ao veículo, e por fim coloca-o sobre os seus garfos. No caso de ocorrer uma má leitura ou surgir “carrinho inválido”, o operador tenta mais uma vez “pistolar” o código de barras do carrinho. Se o problema permanecer o operador leva o carrinho para a pista de tratamento de carrinhos. Neste momento são associados os túneis destino, seguindo exatamente os mesmos critérios que foram descritos no sistema com AGV. Depois do veículo estar cheio, surge no ecrã a identificação de um dos carrinhos e o destino do mesmo (Figura 60). O sistema vai indicando os carrinhos e destinos pela ordem inversa à que foram colocados no *order-picker* até esvaziar o veículo.

Figura 60: Ecrãs de PDA para distribuição dos carrinhos abastecedores

De seguida no PDA surgem as localizações dos próximos carrinhos a recolher dando, tal como no sistema com AGV, sempre como prioritários os carrinhos que necessitam de ser movidos para outro túnel. O sistema indica mais carrinhos, até não haver mais unidades para ir buscar ou até o veículo estar cheio. Voltam a surgir no ecrã os destinos dos carrinhos que se encontram no veículo até este voltar a esvaziar.

O objetivo é repetir este processo até que não haja mais trocas a fazer entre túneis. Se estas acabarem então o próximo passo do *order-picker* é recolher carrinhos sem mais túneis destino e transportá-los para o tratamento de sobras ou para a zona de conversão. O processo pode ser consultado com maior detalhe no fluxograma apresentado no Anexo J e nos protótipos de ecrãs de PDA representados no Anexo L.

Sistema com mizusumashi

A terceira hipótese surgiu do facto de se ter verificado que o sistema anterior tem um fator que compromete a sua produtividade: a necessidade de retirar um carrinho na posição mais próxima do condutor, levando a que seja preciso retirar os carrinhos colocados posteriormente no veículo.

Desta forma surgiu a ideia de criar um *mizusumashi* em que atrelados possuam uma abertura lateral. Os carrinhos entram de lado, ficam presos e são posteriormente transportados por arrasto. Na Figura 61 pode ser observado o protótipo de atrelado que foi criado.

Se o sistema for posto em prática serão criados 5 atrelados. Este número é suficiente para satisfazer as necessidades atuais. Ainda assim, como o *mizusumashi* possui capacidade de transporte até 3000 kg e cada atrelado adicionado implica 80 kg extra (35 kg do atrelado mais 45 kg do carrinho cheio), poderão no futuro ser adicionados mais atrelados.



Figura 61: Protótipo de atrelado para *mizusumashi*

As ordens dadas pelo sistema vão ser distintas às do sistema anterior, sendo possível retirar um carrinho sem nunca ser necessário movimentar os outros. A diferença começa no posto de trabalho da zona de conversão. Quando o operador coloca o carrinho na pista de saída, não é gravada em sistema apenas a hora a que foi associado. Nesta fase já são associados os túneis destino e é criada a ordem pela qual estes são abastecidos.

Para perceber a razão por trás disto convém entender que o *mizusumashi* com 5 atrelados necessita de um diâmetro de 4 metros para poder inverter o seu sentido, e, neste momento, o corredor do lado dos túneis pares possui apenas 2,5 metros de largura. Desta forma entendeu-se ser uma boa opção o *mizusumashi* não ter que inverter o sentido em qualquer altura e fazer todo o seu percurso no Túnel Grande no sentido contrário aos ponteiros do relógio, como é possível verificar na Figura 62 e com mais detalhe no Anexo M.



Figura 62: *Layout da rota do mizusumashi*

O facto do comboio circular num só sentido leva a que as trocas só possam ser feitas nesse mesmo sentido, ficando as hipóteses de escolha do primeiro túnel reduzidas e, por conseguinte, com maior probabilidade de erros. O erro mais provável de ocorrer é o do 1º túnel destino se encontrar ocupado. Desta forma surgiu a ideia do sistema decidir os destinos previamente. Assim, na altura em que o operador vai buscar carrinhos à zona de conversão, o sistema utiliza da mesma forma o critério FIFO mas exclui aqueles cujo primeiro túnel destino se encontrar ocupado.

Neste sistema os ecrãs de PDA indicam ao operador os carrinhos a recolher para o veículo, da mesma forma que no sistema do subcapítulo anterior (Figura 59). O operador após ter todos os atrelados ocupados, ou por indicar manualmente que o veículo se encontra cheio, dirige-se à zona dos túneis onde vai deixando os carrinhos por ordem de proximidade. Sempre que um carrinho é deixado no destino fica um espaço livre. Esse lugar é preenchido pelo carrinho

mais próximo do veículo que tenha o próximo destino livre, tendo em conta que este critério só funciona no sentido contrário aos ponteiros do relógio.

O objetivo é chegar à zona de conversão apenas com carrinhos vazios, deixando-os nas pistas respetivas e repetir os mesmos passos explicados anteriormente. O sistema pode ser consultado em maior detalhe no fluxograma apresentado no Anexo N.

4.5 Análise comparativa dos 3 sistemas de movimentação

Com o objetivo de determinar qual dos 3 sistemas descritos é mais adequado, é importante fazer uma análise comparativa das vantagens e desvantagens que cada um destes sistemas tem no fluxo dos produtos no túnel grande. Alguns cenários de como estes sistemas funcionam na prática podem ser consultados no Anexo O.

Inicialmente foi efetuada uma análise à produtividade de cada um destes sistemas. Os resultados, apresentados na Tabela 2, foram baseados nas velocidades e nas capacidades dos veículos. Os cálculos que originaram os dados da Tabela 2 podem ser consultados no Anexo P. Estes resultados consistem nos tempos de transporte – viagem de ida e regresso à zona de conversão, tendo em conta a realização de duas trocas a fazer por cada carrinho transportado, os tempos de remoção e encaixe dos carrinhos no veículo.

Tabela 2: Análise dos 3 sistemas de transporte

Túnel	Tempo Ciclo (segundos)		
	AGV Velocidade reta= 1m/s Velocidade curva =0,3m/s	Order-picker Velocidade reta= 2,2m/s Velocidade curva =1m/s	Mizumashi Velocidade reta= 2,2m/s Velocidade curva =1m/s
2	1,8	4,2	5,1
4	2,0	4,3	5,2
6	2,2	4,4	5,3
8	2,4	4,4	5,4
10	2,5	4,5	5,4
12	2,8	4,6	5,5
14	3,0	4,7	5,6
16	3,1	4,8	5,7
18	5,7	4,9	5,8
1	5,7	5,8	6,7
3	5,7	5,8	6,7
5	5,7	5,8	6,7
7	5,7	5,8	6,7
9	5,7	5,8	6,7
11	5,7	5,8	6,7
13	5,7	5,8	6,7
15	5,6	5,8	6,7
17	4,0	5,7	6,6
Média(minutos)	4,2	5,2	6,1
Nº de carrinhos	1	4	5
Nº de trocas	2	8	10

As capacidades das três soluções, com base no estudo dos tempos de ciclo, estão representadas na Tabela 3:

Tabela 3: Análise da capacidade dos 3 sistemas de transporte

	AGV	Order-picker	Mizumashi
Capacidade por hora (carrinhos)	14	46	49
Trocas por hora (carrinhos)	28	92	98

O tempo de ciclo do AGV é mais reduzido por transportar um carrinho de cada vez e apenas ter de fazer duas trocas por ciclo. Já o *order-picker*, levando 4 carrinhos, não só despende mais tempo a colocar e a tirar os carrinhos do veículo, como ainda acresce uma média de 8 trocas.

Por fim, o *mizusumashi* consegue transportar 5 carrinhos e tem de executar 10 trocas por ciclo. Os dados mais importantes são os da Tabela 3 que demonstram a produtividade de cada sistema. Apesar do *mizusumashi* ter um tempo de ciclo superior aos restantes, a capacidade extra que possui para cada viagem acaba por compensar.

Alguns fatores não foram considerados neste cálculo. No sistema com *order-picker* pode ser necessário remover os carrinhos colocados posteriormente para alcançar outros, podendo resultar, em média, em 40 segundos perdidos de cada vez que é necessário fazer esta ação. Desta forma, este sistema, com este fator acrescido, torna-se ainda menos produtivo que o *mizusumashi*.

Outro aspeto necessário de ter em conta é investimento associado a cada uma das soluções estudadas. Os investimentos encontram-se resumidos na Tabela 4.

Tabela 4: Custo estimado de cada sistema de transporte

Custos (euros)	AGV	Order-picker	Mizusumashi
Veículo(s)	201 000	16 080	17 587,50
Montagem	33 500	-	-
1º ano	10 050	33 500	33 500
2º ano	10 050	33 500	33 500
3º ano	10 050	33 500	33 500
4º ano	10 050	33 500	33 500
5º ano	10 050	33 500	33 500
Total	284 750	183 580	185 087,50

Podemos concluir com estes dados que o sistema com AGV tem um custo anual, referente a manutenção, inferior ao dos outros dois sistemas, que têm o custo anual do operador a conduzir o veículo.

O problema que surge com o primeiro sistema tem a ver com o facto de se ter concluído com o estudo da semana 51 que, numa hora, o número de carrinhos a precisarem de ser transportados para a zona dos túneis poderia atingir as 35 unidades. Pode-se assim concluir que para satisfazer as necessidades do armazém, atualmente, serão necessários 3 AGV, resultando num investimento inicial de 234500 euros, com o número de AGV possivelmente a aumentar nos próximos anos. Com os dois outros sistemas apenas um veículo é necessário para satisfazer as necessidades do armazém, levando a que apenas igualem o valor total do sistema com AGV ao fim de 10 anos.

Concluindo, o sistema mais vantajoso é o sistema com *mizusumashi*. O sistema com *order-picker* possui vantagem no investimento inicial, embora pouco significativa, mas em termos de produtividade fica a perder. O sistema com *mizusumashi* tem ainda a vantagem de se poder aumentar o número de atrelados com o tempo.

O sistema com AGV tem vantagens ao nível do ritmo de atividade. Como se trata de um sistema automatizado possui uma cadência constante e pode trabalhar 24 horas por dia. A probabilidade de erros, devido à sua fiabilidade e ao facto de não existir intervenção humana, é também menor. Este sistema tem a significativa desvantagem de possuir uma capacidade de carga e velocidade inferiores aos outros dois veículos.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Em função do crescimento da Parfois, o departamento de logística tem a necessidade de ajustar os fluxos de produtos no novo centro logístico. Este centro deverá ser visto como uma fonte de competitividade para a empresa e conseguir alcançar o objetivo traçado antes da sua construção: abastecer de 1100 lojas.

Neste contexto surgiu o projeto retratado na presente dissertação, com vista a melhorar o processo resultante do *picking* pesado manual de forma a aumentar a capacidade de separação dos produtos pelas lojas.

Numa fase inicial do projeto foi realizada uma análise rigorosa dos pontos cruciais com potencial de melhoria. Concluiu-se que era necessário realizar uma revisão do *layout* dos postos de trabalho, melhorar o processo de conversão de produto para os carrinhos, desenhar um novo carrinho abastecedor mais fácil de utilizar, e criar um novo sistema de transporte de carrinhos mais produtivo.

Relativamente à alteração dos postos de trabalho, é possível afirmar que o objetivo foi alcançado com sucesso. O posto de trabalho da zona de conversão tornou-se mais intuitivo para o operador, resultando num aumento de produtividade. Como principais alterações, pode-se referir que o operador despende menos tempo com as caixas de cartão vazias, uma vez que as insere na linha de cartão, resultando numa redução de 30% do tempo de conversão, e que os caixotes de plástico em cada posto vão eliminar deslocações desnecessárias. A gestão visual e as marcações no terreno permitem que o operador não seja induzido em erro, e que os vários elementos sejam localizados no local a que estão destinados. Quanto ao novo processo de conversão, as análises realizadas revelam que este resultará num aumento de produtividade. Com o novo processo o número de carrinhos a utilizar representará uma redução superior a 50%, face ao processo anterior.

As deslocações do operador ao tratamento de sobras são eliminadas, já que todo o produto das paletes é convertido para os carrinhos, ficando o seu transporte a cargo do sistema escolhido.

No que diz respeito ao carrinho abastecedor, através de uma análise empírica e inquirindo os operadores, foi possível verificar que resultou num modelo mais fácil de manobrar e adequado às movimentações necessárias em todo o processo. Esta conclusão é também sustentada pela redução do peso, que em relação aos carrinhos anteriormente usados poderá representar até menos 60% de peso, e pela redução das dimensões que permitem o cruzamento dos carrinhos nos corredores dos túneis.

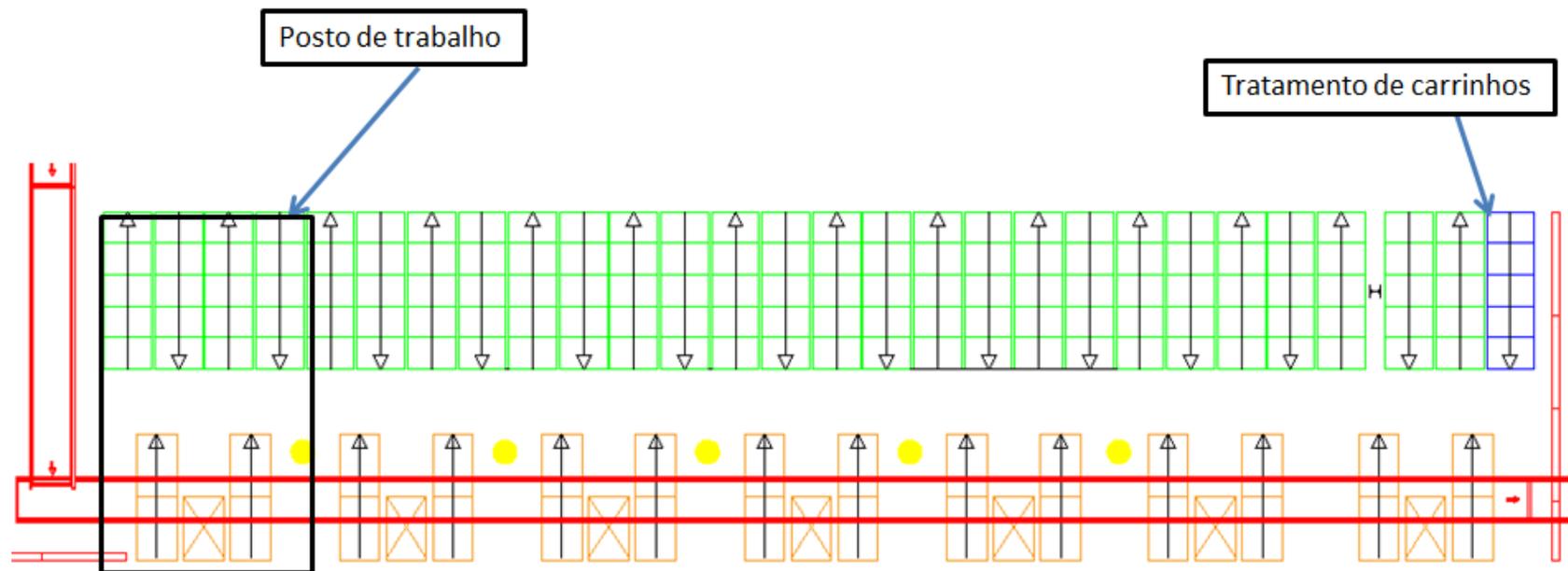
Por fim, relativamente aos sistemas de transporte desenhados, e verificando o balanço entre a produtividade e o investimento a efetuar, conclui-se que o sistema com *mizusumashi* é o mais vantajoso para o centro logístico e que deve ser implementado no processo. O sistema com AGV, embora possua mais valias pelo seu grau de automação, apresenta desvantagens na velocidade, na capacidade e no custo. Salienta-se ainda que, tendo em consideração a rápida evolução que estes veículos têm vindo a sofrer nos últimos anos, é expectável que estes se tornem mais acessíveis e ajustados às necessidades existentes no centro logístico.

Como perspectivas futuras, será necessário prosseguir com as alterações determinadas para as tomadas de decisão no processo, bem como implementar o sistema de transporte. Estas implementações poderão confirmar o aumento da produtividade e eficiência das atividades do centro logístico, analisados neste projeto. Este será um fator essencial para alcançar o objetivo traçado pela empresa: capacidade para abastecer 1100 lojas.

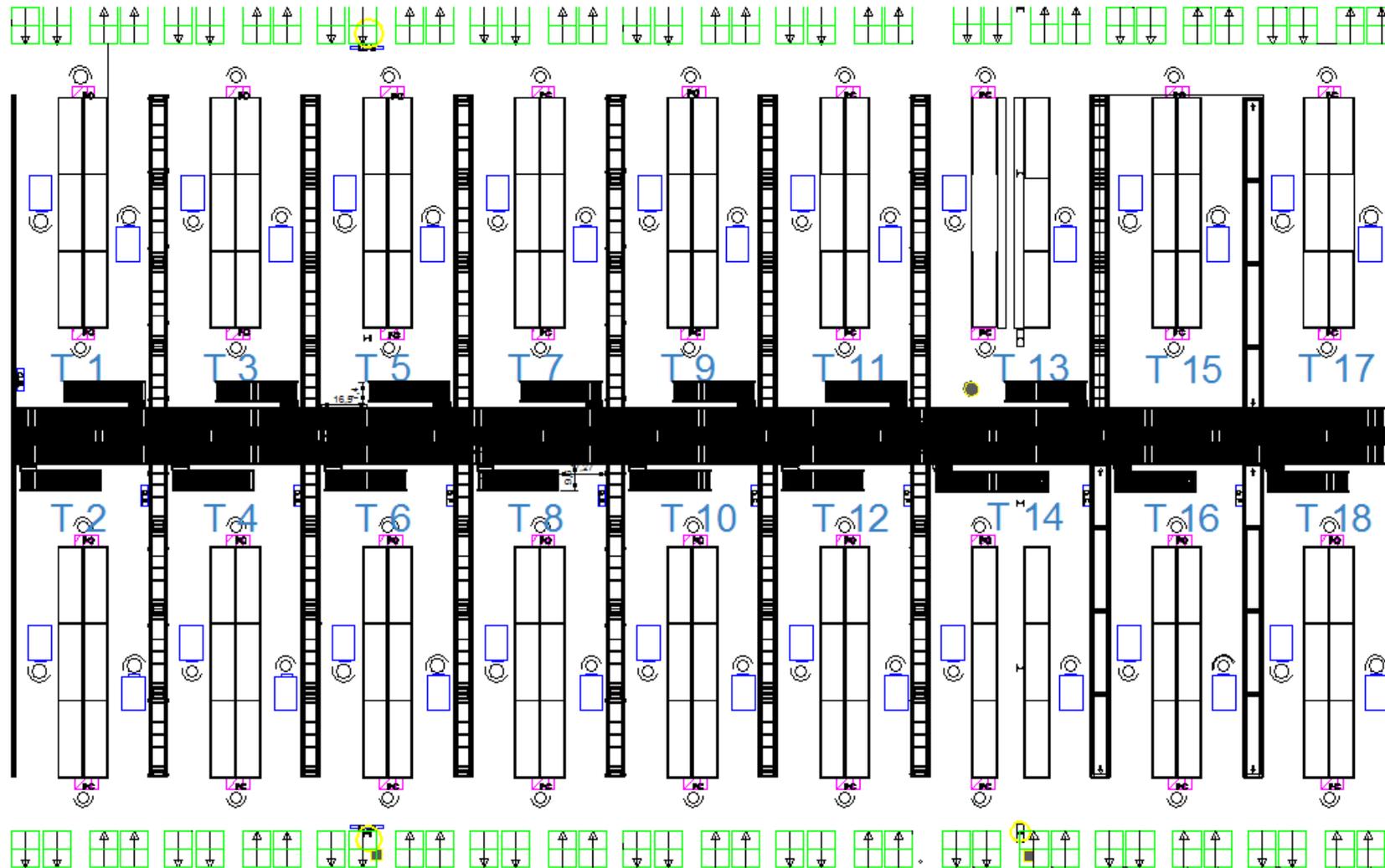
Referências

- Bob Trebilcock (2011). "What is an AGV?".
- Cera, L. (2013). "A importância de ser VISUAL." Kaizen Institute.
- Coimbra, E. (2013). Kaizen in Logistics and Supply Chains, McGraw-Hill Education.
- Company, F. (2015). "Automatic Guided Vehicle - Combines keen requirement of low cost and high flexibility function."
- Dalto, J. (2015). "5S + Safety = Lean 6S Safety." Convergence Training.
- Ferro, J. R. (2009). "Gestão visual para apoiar o trabalho padrão das lideranças." Lean Institute Brasil.
- Groover, M. P. (2000). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, Prentice Hall PTR.
- Jornal Paraná (2013). "É da Ford a primeira linha de montagem da história." ParanáOnline.
- Kaizen Institute Portugal (2015). "Há sete tipos de desperdício. Sabe qual deles tem mais peso no seu dia a dia de trabalho? ."
- Koenig & Bauer Group. (2015). "Lean Thinking in the Warehouse." from <https://www.naw.org/files/leanwhexcerpt.pdf>.
- Leite, H. d. R. and G. E. Vieira (2015). "Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge." Production **25**: 529-541.
- Ltd. Corporation, H. (2015). "Introduction to "Autonomous automatic guided vehicle" (AGV)." from http://www.hitachi.com/businesses/infrastructure/product_site/logistics/products/agv_intelligentcarry/ic_details.html.
- Pedrao, L. C. (2014). "Gerenciamento de Projetos lean; utilização otimizada de recursos garante sucesso na gestão de projetos."
- Savant Automation (2015). "Introduction: The Basics of Automatic Guided Vehicle Systems."
- Siemens Industry Inc (2014). "Automated Guided Vehicles (AGV), Real-time communication empowers your process and boosts overall performance."
- Swisslog. (2015). "Automated Guided Vehicle (AGV) Systems." from <http://www.swisslog.com/en/Products/WDS/Automated-Guided-Vehicles>.
- Thiran, M. (2012). "Gestão da Produção - Optimizar a produção através do LEAN."
- Transbotics and M. y. Business. (2015). "Engineered to Order AGV Vehicles." from <https://www.transbotics.com/products/automatic-guided-vehicles/custom-engineered-to-order-agv-vehicles>.

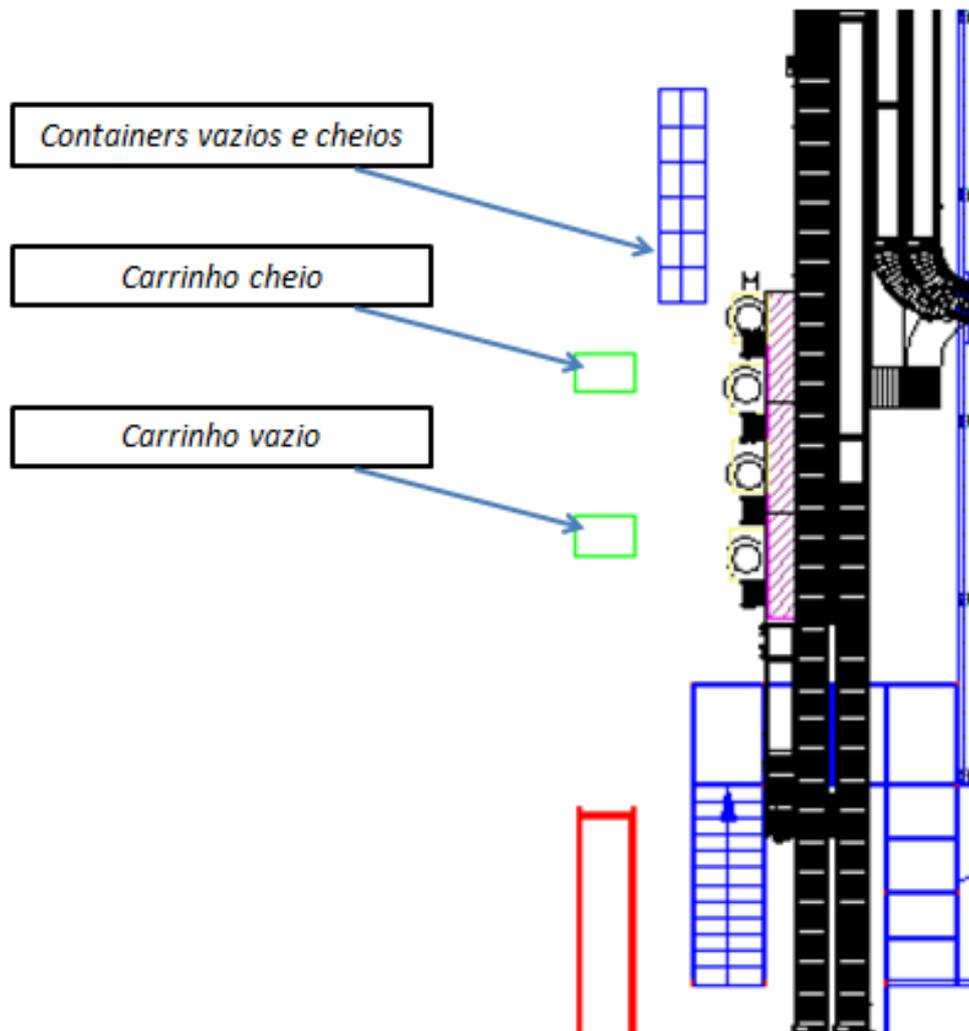
ANEXO A: Novo Layout da zona de conversão



ANEXO B: Novo Layout da zona dos túneis



ANEXO C: Novo Layout do tratamento de sobras



ANEXO D: Cálculos no teste de múltiplos códigos de barra num carrinho

Teste capacidade banheiras			
----------------------------	--	--	--

Banheira	SKU	Quantidade	Túnel		
1	137978ORNM(relogios)	86	12	Mesma banheira	1
2	137978ORNM(relogios)	39	3		
3	137978ORNM(relogios)	285	4		
1	137978ORNM(relogios)	119	7	Mesma banheira	2
2	137978ORNM(relogios)	62	9		
3	137978ORNM(relogios)	123	8		
1	137978ORNM(relogios)	276	10	Mesma banheira	3
2	137978ORNM(relogios)	105	11		
1	137978ORNM(relogios)	91	5	Mesma banheira	4
2	137978ORNM(relogios)	309	2		
1	137978ORNM(relogios)	129	6	Mesma banheira	5
1	137697CA_M(Carteira-grande)	3	12		
2	137697CA_M(Carteira-grande)	2	3	Mesma banheira	6
3	137697CA_M(Carteira-grande)	13	4		
4	137697CA_M(Carteira-grande)	5	8		
5	137697CA_M(Carteira-grande)	2	11	Mesma banheira	7
6	137697CA_M(Carteira-grande)	3	9		
7	137697CA_M(Carteira-grande)	17	2		
8	137697CA_M(Carteira-grande)	23	10		
1	136431CA_M(Mantas)	30	2	Mesma banheira	8
1	136431CA_M(Mantas)	30	2	Mesma banheira	9
1	136431CA_M(Mantas)	30	2	Mesma banheira	10
1	136431CA_M(Mantas)	30	2	Mesma banheira	11
1	136431CA_M(Mantas)	40	2	Mesma banheira	12
1	137126CINL (Guarda-chuva)	76	13	Mesma banheira	13

Nº túneis	20
Nº banheiras	15
Nº túneis/banheira	1,3
Retirando o caso das mantas	
Nº túneis	20
Nº banheiras	10
Nº túneis/banheira	2
Quantidade banheiras por palete	4,1

ANEXO E: Cálculos para determinação do número de túneis por carrinho na semana 51

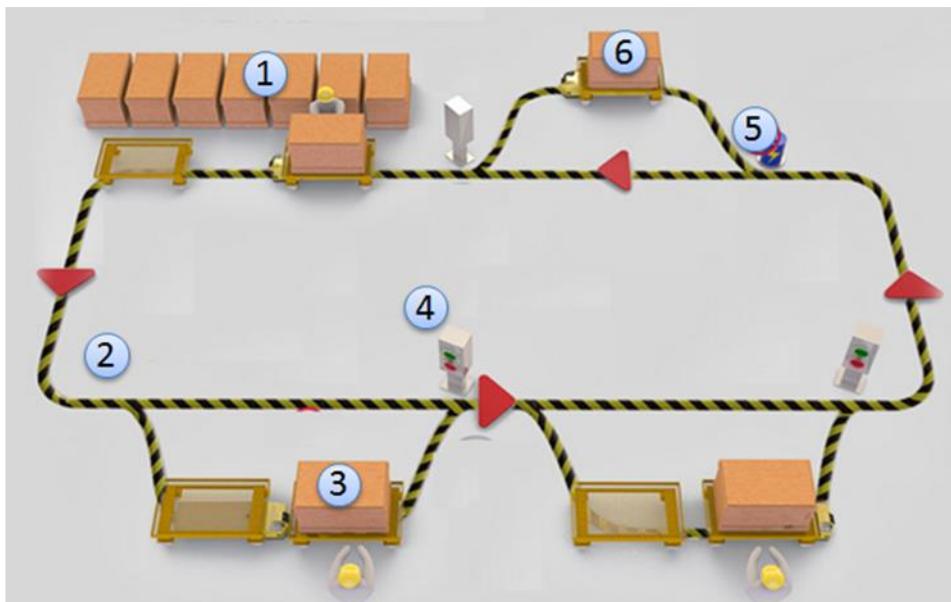
HORA	PRIMARY_CONTAINER_ID	NBR_TU	ITEM_ID	QTD_PAL	Qtd-mã	Nº carrinhos	Nº túneis/carrinho
14.12.15 04:00	PALPIK000254	6	138961RO_M	56	85	1,00	6
14.12.15 04:00	STK000021818	1	138830TP_L	6	57	1,00	1
14.12.15 04:00	PALPIK999417	4	134626MT_M	111	68	2,00	2
14.12.15 04:00	PALPIK000605	5	139051CA_M	22	15	2,00	3
14.12.15 04:00	PALPIK998930	5	138862MZ_M	42	28	2,00	3
14.12.15 05:00	STK000023009	2	139046PR1M	194	86	3,00	1
14.12.15 05:00	STK000023563	4	139053CA_M	125	90	2,00	2
14.12.15 05:00	STK000025973	6	134626CA_M	333	107	4,00	2
14.12.15 05:00	STK000023762	6	138829PR_M	216	84	3,00	2
14.12.15 05:00	STK000023950	2	139053PR_M	185	90	3,00	1
14.12.15 05:00	STK000023715	3	138844CA_S	178	136	2,00	2
14.12.15 06:00	STK000025172	1	139343MU_M	214	56	4,00	1
14.12.15 06:00	STK000020711	7	139107PR_M	123	43	3,00	3
14.12.15 06:00	STK000019266	4	138862MT_M	98	30	4,00	1
14.12.15 06:00	STK000022559	3	139046PR1M	215	86	3,00	1
14.12.15 06:00	STK000022574	5	139053PR_M	170	90	2,00	3
14.12.15 06:00	STK000021817	6	138830TP_L	120	57	3,00	2

Row Labels	Count of Nº túneis/carrinho	Sum of Nº carrinhos	Peso count nºtun/banf	Peso sum nºcarrinhos
1	227	385	0,224530168	0,22462077
2	359	744	0,710187933	0,868144691
3	184	305	0,545994065	0,533838973
4	124	162	0,490603363	0,378063011
5	44	45	0,21760633	0,131271879
6	29	29	0,172106825	0,101516919
7	44	44	0,304648863	0,179696616
Grand Total	1011	1714	2,665677547	2,417152859

Nº túneis por carrinho	Nº de carrinhos
1	385
2	744
3	305
4	162
5	45
6	29
7	44
Total	1714

Nº de túneis/carrinho	
Média	2,42
Moda	2

ANEXO F: Possível percurso do AGV Kivnon K11BGMP1



(1) Inicialmente o AGV passa num posto de entregas, onde passa por baixo de um dos carrinhos com produto. No momento em que passa, o sensor deteta o metal do carrinho e liberta o pino, que com a ajuda da mola, quando atinge uma depressão existente no centro do carrinho, sobe e fixa o carrinho.

(2) O AGV segue caminho até que encontra uma bifurcação, onde existe uma *tag* no chão. Através do leitor de tags o AGV obtém a informação se deve continuar em frente ou virar à direita.

(3) Imaginemos então que o AGV virou para a direita para certo posto, deixou um carrinho, pegou noutro.

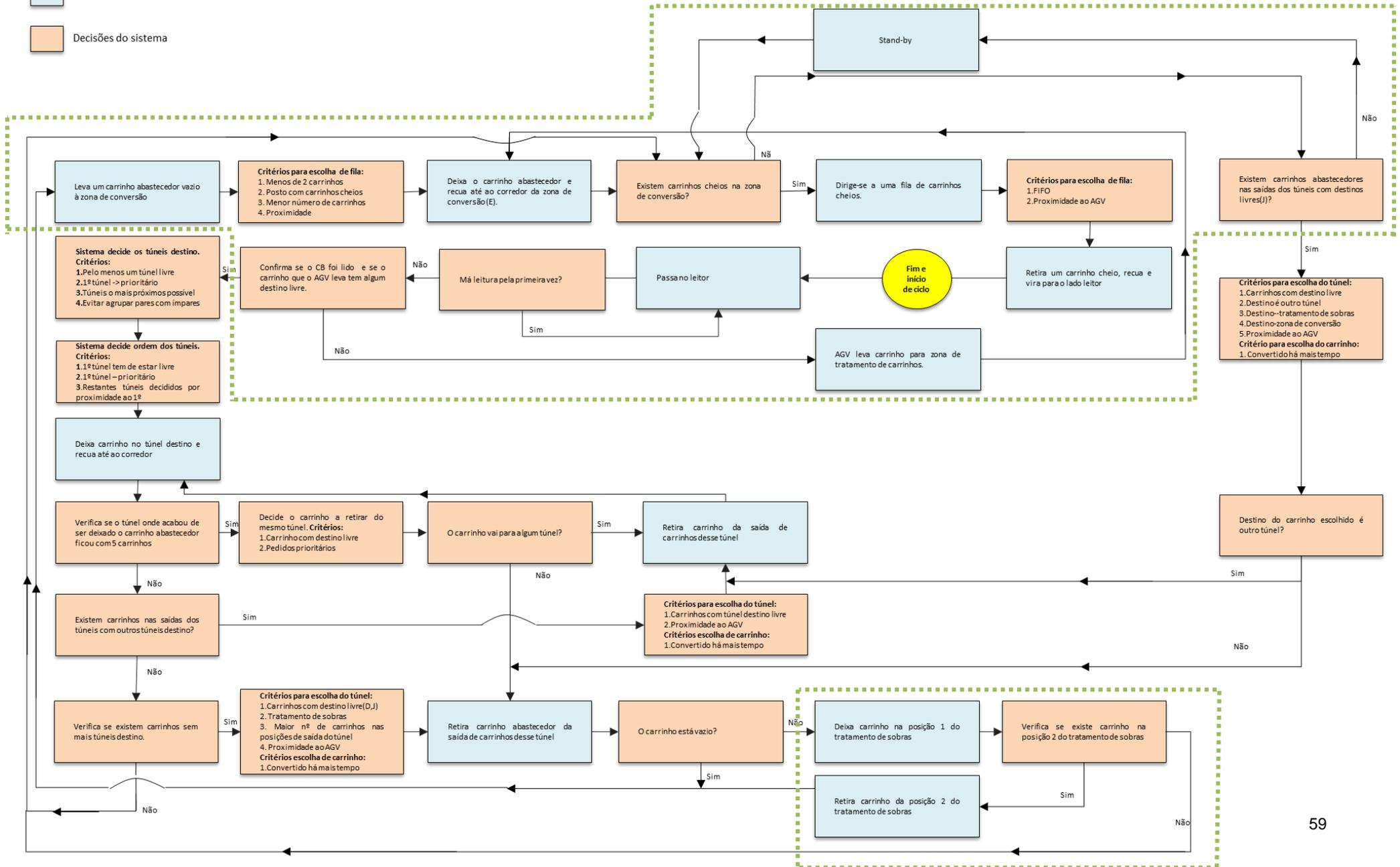
(4) Chegou agora a um ponto de cruzamento com outras máquinas, onde é bloqueado por um sinal vermelho. Assim que o sinal passa a verde o AGV segue caminho.

(5) No seguimento do caminho verifica-se que a bateria está a ficar descarregada. Um tag no percurso indica ao AGV que é necessário virar à direita para o posto de troca de baterias. (6) Assim que é inserida uma bateria cheia, o AGV segue caminho para o posto de entregas onde deixa um dos carrinhos, pega noutro e volta a percorrer o mesmo circuito.

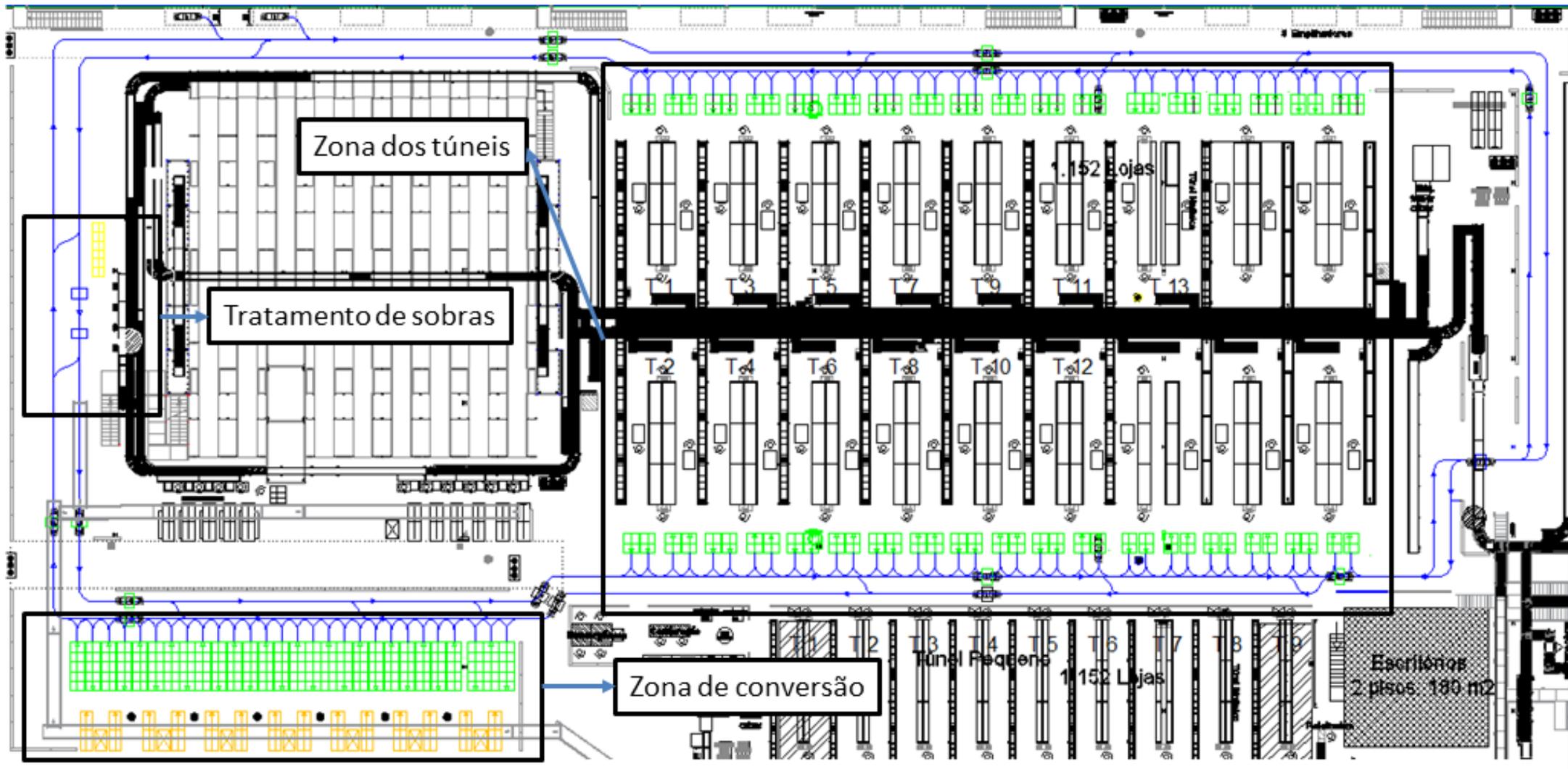
ANEXO G: Fluxograma do sistema com AGV

Legenda:

- Ações do AGV
- Decisões do sistema



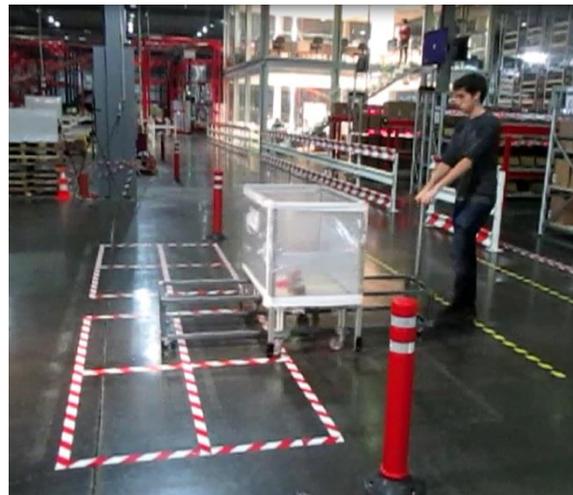
ANEXO H: Rota do AGV



Legenda:

- Rota AGV
- Carrinhos abastecedores
- Paletes

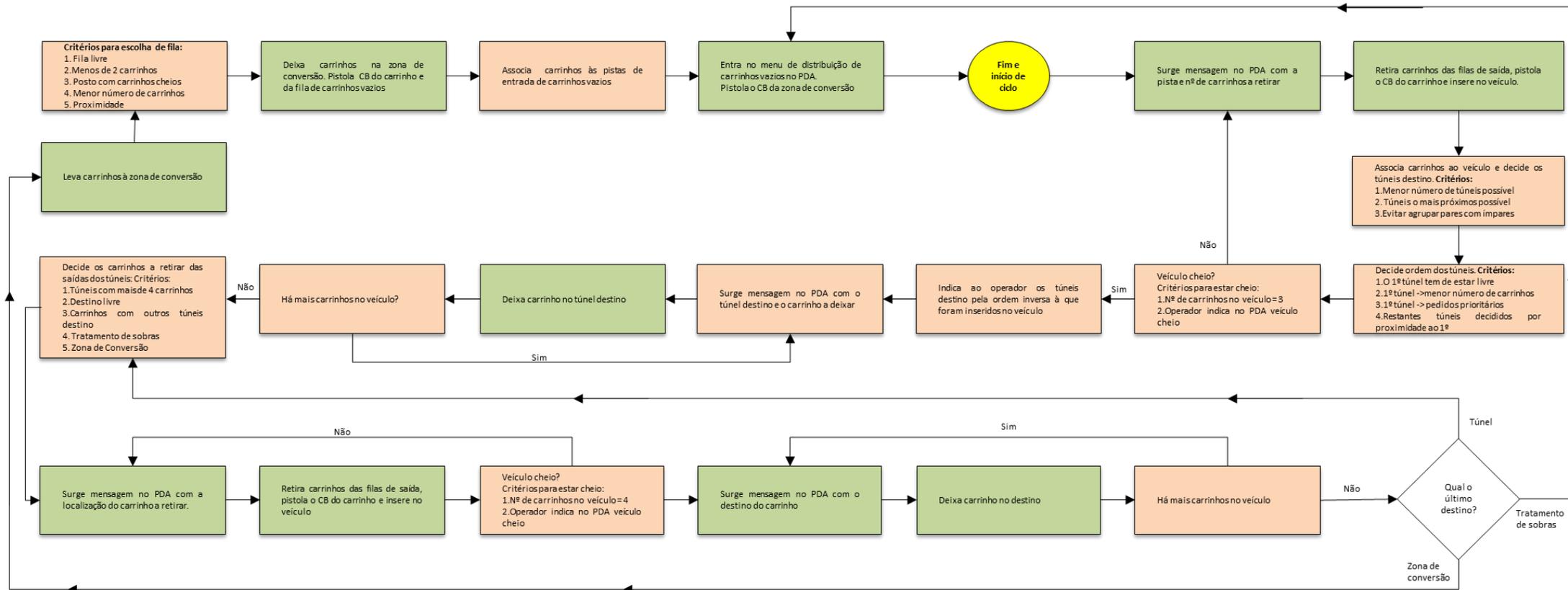
ANEXO I: Estrutura com as dimensões do AGV e testes no terreno



ANEXO J: Fluxograma do sistema com order-picker

Legenda:

- Acções do operador
- Decisões do sistema



ANEXO L: Protótipos de ecrã no sistema com order-picker

PARFOIC

Sistema alternativo – Conversão carrinhos
Order picker - FIFO

Zona de conversão

PARFOIC

Sistema alternativo – Conversão carrinhos
Order picker - FIFO

Zona de conversão

PARFOIC

Sistema alternativo – Conversão carrinhos
Order picker - FIFO

Zona de conversão

PARFOIC

Sistema alternativo – Conversão carrinhos
Order picker - FIFO

Zona dos túneis

Nota: O sistema indica os destinos das carrinhos pela ordem inversa à que foram inseridas no veículo.

Nota: O order picker tem capacidade para 3 carrinhos, porém o operador pode fechar o veículo sempre que necessário (exemplo: se estiver a utilizar um porta-paletes).

PARFOIC

Sistema alternativo – Conversão carrinhos
Order picker - FIFO

Zona dos túneis

Hipótese 1: Operador decide as carrinhos a retirar da saída dos túneis

Inserir carrinhos no veículo (F1)

Nota: Operador coloca carrinhos no veículo. O sistema depois indica os destinos das carrinhos pela seguinte prioridade:

- 1 - Zona dos túneis
- 2 - Tratamento de sobras
- 3 - Zona de conversão
- 4 - Ordem inversa à que foram inseridas no veículo

PARFOIC

Sistema alternativo – Conversão carrinhos
Order picker - FIFO

Zona dos túneis

Hipótese 1: Operador decide as carrinhos a retirar da saída dos túneis

Inserir carrinhos no veículo (F1)

Nota: Operador coloca carrinhos no veículo. O sistema depois indica os destinos das carrinhos pela seguinte prioridade:

- 1 - Zona dos túneis
- 2 - Tratamento de sobras
- 3 - Zona de conversão
- 4 - Ordem inversa à que foram inseridas no veículo

Sistema alternativo – Conversão carrinhos

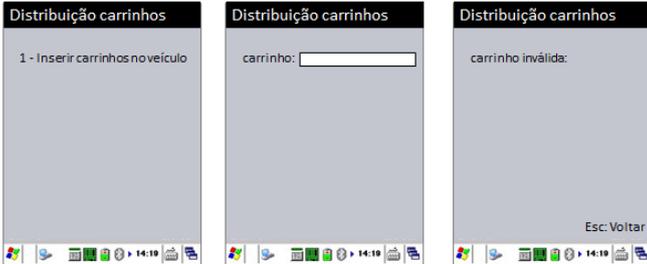
Order picker - FIFO

Zona dos túneis

Hipótese 1: Operador decide as carrinhos a retirar da saída dos túneis

Se as carrinhos do veículo forem todas para outros túneis quando o veículo estiver vazio, o operador volta a inserir carrinhos que estejam na saída dos túneis.

Inserir carrinhos no veículo (F1)



Zona dos túneis

Hipótese 2: Sistema indica as carrinhos a retirar



Sistema alternativo – Conversão carrinhos

Order picker - FIFO

Zona dos túneis

Hipótese 2: Sistema indica as carrinhos a retirar



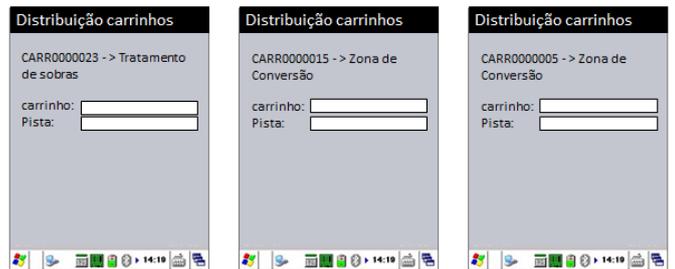
O sistema indica nesta primeira vez apenas carrinhos que vão fazer trocas para outros túneis.

Sistema alternativo – Conversão carrinhos

Order picker - FIFO

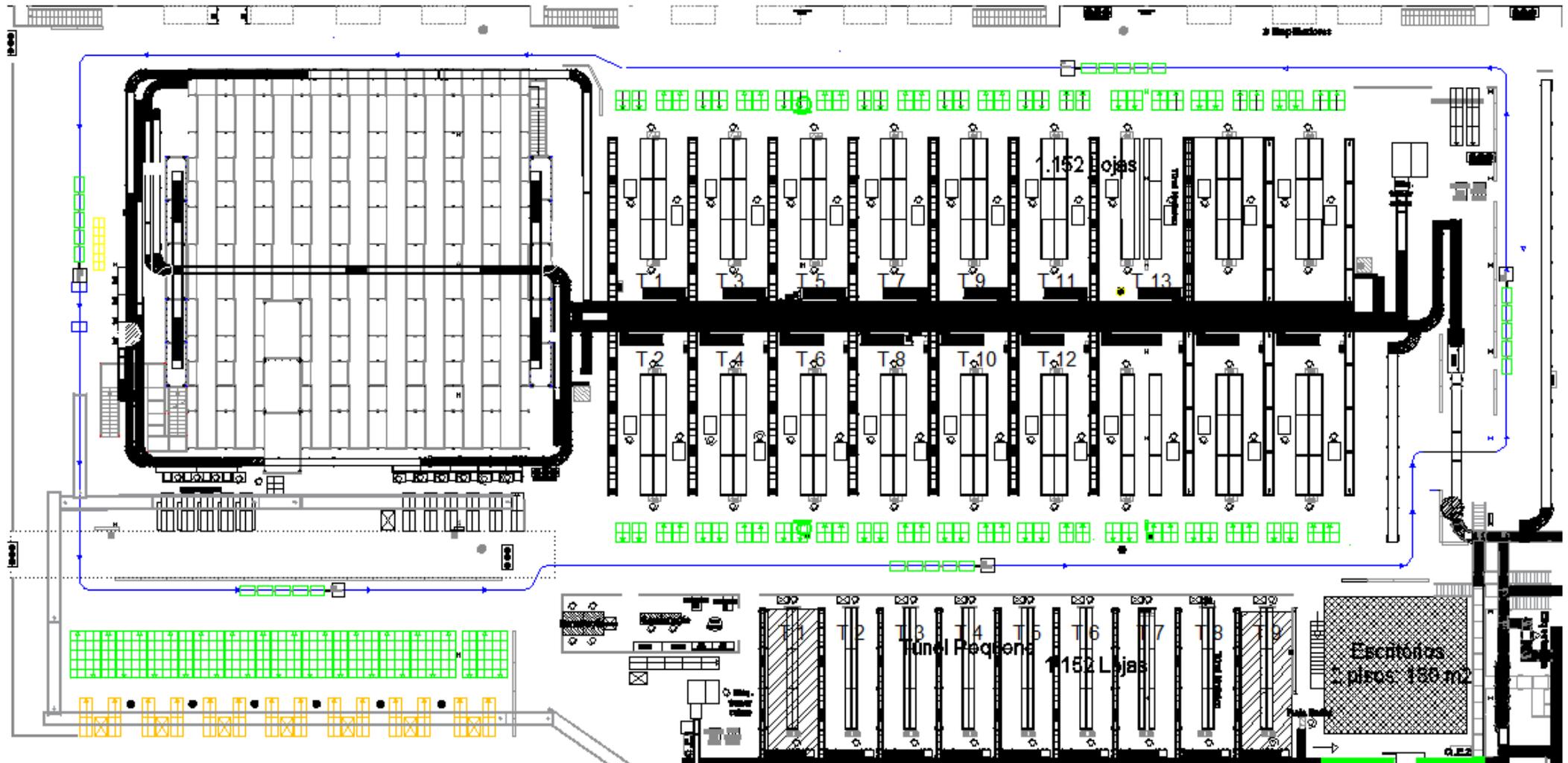
Zona dos túneis

Hipótese 2: Sistema indica as carrinhos a retirar



O sistema nesta situação indica nesta segunda vez indica carrinhos que vão ou para o tratamento de sobras ou para a zona de conversão.

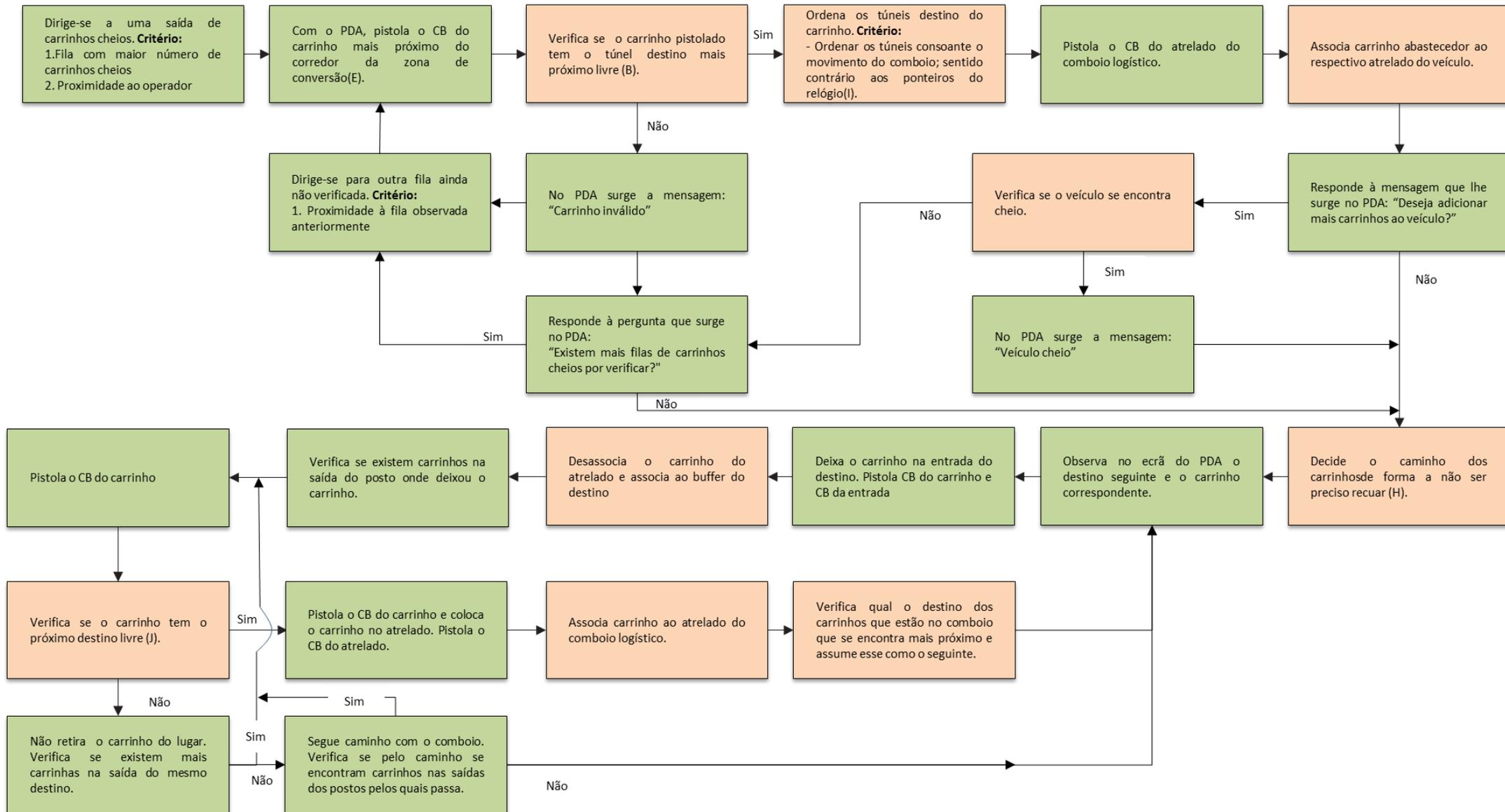
ANEXO M: Rota do mizusumashi



Legenda:

- Rota Mizusumashi
- Carrinhos abastecedores
- Paletes

ANEXO N: Fluxograma do sistema com mizusumashi



ANEXO O: Cenários possíveis dos sistemas

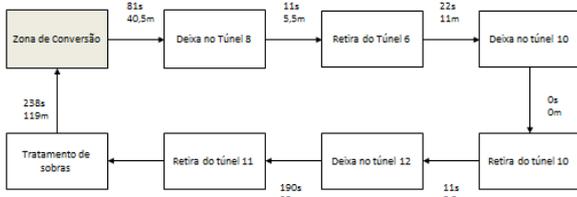
Cenários AGV

PARFOIC 1/4

Cenário 1

Nº trocas: 2
 Tratamento de sobras: Sim
 Túneis pares: Sim
 Túneis ímpares: Sim

Legenda:
 Início e fim de ciclo



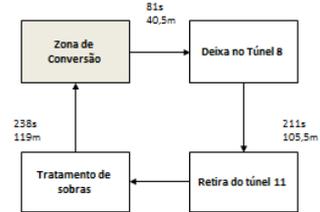
Total: 553 segundos

PARFOIC 2/4

Cenário 2

Nº trocas: 0
 Tratamento de sobras: Sim
 Túneis pares: Sim
 Túneis ímpares: Sim

Legenda:
 Início e fim de ciclo



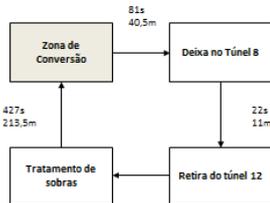
Total: 530 segundos

PARFOIC 3/4

Cenário 3

Nº trocas: 0
 Tratamento de sobras: Sim
 Túneis pares: Sim
 Túneis ímpares: Não

Legenda:
 Início e fim de ciclo



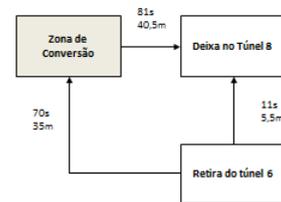
Total: 530 segundos

PARFOIC 4/4

Cenário 4

Nº trocas: 0
 Tratamento de sobras: Não
 Túneis pares: Sim
 Túneis ímpares: Não

Legenda:
 Início e fim de ciclo



Total: 162 segundos

Cenários order-picker

PARFOIC 1/4

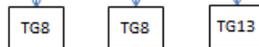
Cenários order-picker

Cenário 1

Localizações:



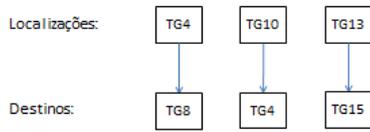
Destinos:



Solução 1: Surge no PDA mensagem para recolher as banheiras dos túneis 4, 6 e 8. Operador recolhe todas. Sistema indica os destinos das banheiras por ordem de proximidade. Deixa banheira 4, 6 e depois a 8.

Solução 2: Surge mensagem no PDA para recolher as banheiras 4 e 6, como já sabe que as banheiras vão para o 8, deixa-as primeiro e só depois é que recolhe a do 8

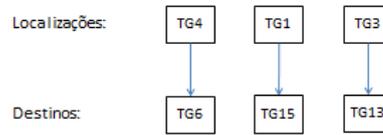
Cenário 2



Solução 1: Surge no PDA mensagem para recolher as banheiras dos túneis 4, 10 e depois 13. Operador recolhe todas. Sistema indica os destinos das banheiras por ordem de proximidade. Deixa banheira no 15, 8 e depois no 4.

Solução 2: Surge no PDA mensagem para retirar 4. PDA indica para pôr no túnel 8. PDA indica para ir buscar ao túnel 10 e diz para deixar no 4. PDA indica para ir buscar ao 13 e deixar no 15. (Basicamente, todas as ações são feitas por proximidade. Se o destino das banheiras que estão nos veículos for mais próximo do que a localização da próxima banheira a ir buscar, o PDA indica a banheira do veículo e o seu destino.)

Cenário 3



Solução 1: Surge no PDA mensagem para recolher as banheiras dos túneis 4, 3 e depois 1. Operador recolhe todas. Sistema indica os destinos das banheiras por ordem de proximidade. Deixa banheira no 13, 15 e depois no 6.

Solução 2: Surge no PDA mensagem para retirar 4. PDA indica para pôr no túnel 6. PDA indica para ir buscar ao túnel 3 e depois ao 1. PDA indica para deixar no 13 e depois no 15.

ANEXO P: Cálculo dos tempos e capacidades dos sistemas

Tempos e capacidade do AGV

Túnel	Direita	Esquerda	Nºcurvas	Distância total de curvas	Distância total de retas*	Tempo curvas	Tempo retas	Tempo total (segundos)	Tempo total (minutos)	
	Distância retas	Distância retas								
2	23,33		12	15,1	46,7	50,3	46,7	96,9	1,6	
4	28,93		12	15,1	57,9	50,3	57,9	108,1	1,8	
6	34,53		12	15,1	69,1	50,3	69,1	119,3	2,0	
8	40,13		12	15,1	80,3	50,3	80,3	130,5	2,2	
10	45,73		12	15,1	91,5	50,3	91,5	141,7	2,4	
12	51,33		12	15,1	102,7	50,3	102,7	152,9	2,5	
14	57,93		12	15,1	115,9	50,3	115,9	166,1	2,8	
16	63,53		12	15,1	127,1	50,3	127,1	177,3	3,0	
18	69,13		12	15,1	138,3	50,3	138,3	188,5	3,1	
1	170,43	86,18	20	25,1	256,6	83,8	256,6	340,4	5,7	
3	164,83	91,78	20	25,1	256,6	83,8	256,6	340,4	5,7	
5	159,23	97,38	20	25,1	256,6	83,8	256,6	340,4	5,7	
7	153,63	102,98	20	25,1	256,6	83,8	256,6	340,4	5,7	
9	148,03	108,58	20	25,1	256,6	83,8	256,6	340,4	5,7	
11	142,43	114,18	20	25,1	256,6	83,8	256,6	340,4	5,7	
13	136,83	120,78	20	25,1	257,6	83,8	257,6	341,4	5,7	
15	130,23	126,38	20	25,1	256,6	83,8	256,6	340,4	5,7	
17	124,63	131,98	20	25,1	249,3	83,8	249,3	333,0	5,6	
								Média	241,0	4,0

velocidade curvas	0,3	m/s
velocidade retas	1	m/s

Tempo médio	241,04	s
Tempo médio	4,0173	min
Capacidade AGV (sem trocas)	14,936	carrinhos
Uma troca	25,778	s
Tempo médio com duas trocas	292,59	s
Tempo médio com duas trocas	4,8765	min
Capacidade AGV (duas trocas)	12,304	carrinhos

Distância curva	1,3	m
-----------------	-----	---

* A distância total de retas é a distância pela direita mais a distância mais curta (esquerda ou direita consoante o túnel)

Túnel	Tempo ida e volta Velocidade =0,5m/s	Tempo ida e volta		Tempo ida e volta	
		Velocidade reta= 1m/s Velocidade curva =0,3m/s (meio)	Velocidade reta= 1m/s Velocidade curva = 0,3m/s (esquerda)	Velocidade reta= 1m/s Velocidade curva = 0,3m/s (direita)	Velocidade curva = 0,3m/s (direita)
2	1,9	1,6	2,1	1,1	
4	2,2	1,8	2,3	1,3	
6	2,6	2,0	2,5	1,5	
8	3,0	2,2	2,7	1,7	
10	3,4	2,4	2,9	1,9	
12	3,7	2,5	3,1	2,0	
14	4,2	2,8	3,3	2,3	
16	4,5	3,0	3,5	2,5	
18	4,9	3,1	3,7	2,6	
1	9,2	5,7	5,7	5,7	
3	9,2	5,7	5,7	5,7	
5	9,2	5,7	5,7	5,7	
7	9,1	5,7	5,7	5,7	
9	9,1	5,7	5,7	5,7	
11	9,1	5,7	5,7	5,6	
13	9,1	5,7	5,7	5,5	
15	9,1	5,7	5,7	5,2	
17	9,1	5,6	5,7	5,0	
Média(minutos)	6,3	4,0	4,3	3,7	
Capacidade por hora(banheiras)	9,6	14,9	14,0	16,2	

Tempos e capacidade do order picker

Túnel	Direita	Esquerda	Nºcurvas	Distância total de curvas	Distância total de retas*	Tempo curvas	Tempo retas	Tempo total (segundos)	Tempo total (minutos)	Tempo total com 8 trocas e movimentos operador (segundos)	Tempo total com 8 trocas e movimentos operador (minutos)
	Distância retas	Distância retas									
2	23,33		8	10,1	46,7	10,1	21,2	31,3	0,5	251,3	4,2
4	28,93		8	10,1	57,9	10,1	26,3	36,4	0,6	256,4	4,3
6	34,53		8	10,1	69,1	10,1	31,4	41,4	0,7	261,4	4,4
8	40,13		8	10,1	80,3	10,1	36,5	46,5	0,8	266,5	4,4
10	45,73		8	10,1	91,5	10,1	41,6	51,6	0,9	271,6	4,5
12	51,33		8	10,1	102,7	10,1	46,7	56,7	0,9	276,7	4,6
14	57,93		8	10,1	115,9	10,1	52,7	62,7	1,0	282,7	4,7
16	63,53		8	10,1	127,1	10,1	57,8	67,8	1,1	287,8	4,8
18	69,13		8	10,1	138,3	10,1	62,8	72,9	1,2	292,9	4,9
1	170,43	86,18	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	346,7	5,8
3	164,83	91,78	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	346,7	5,8
5	159,23	97,38	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	346,7	5,8
7	153,63	102,98	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	346,7	5,8
9	148,03	108,58	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	346,7	5,8
11	142,43	114,18	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	346,7	5,8
13	136,83	120,78	8	10,1	257,6	10,1	117,1	127,1	2,1	347,1	5,8
15	130,23	126,38	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	346,7	5,8
17	124,63	131,98	8	10,1	249,3	10,1	113,3	123,4	2,1	343,4	5,7
							Média	89,2	1,5	309,2	5,2

velocidade curvas	1	m/s
velocidade retas	2,2	m/s
Distância curva	1,3	m
tempo para retirar e colocar 4 carrinhos	60	s
Uma troca	20	s

Tempo médio sem movimentos do operador	89,2	s
Tempo médio sem movimentos do operador	1,4859	min
Capacidade(sem trocas, nem movimentos)	161,52	carrinhos

Tempo médio com movimentos do operador	149,2	s
Tempo médio com movimentos do operador	2,4859	min
Capacidade (sem trocas)	96,546	carrinhos

Tempo médio com 8 trocas	309,15	s
Tempo médio com 8 trocas	5,1525	min
Capacidade com 8 trocas	46,579	carrinhos

* A distância total de retas é a distância pela direita mais a distância mais curta (esquerda ou direita consoante o túnel)

Tempos e capacidade do *mizusumashi*

Túnel	Direita	Esquerda	N°curvas	Distância total de curvas	Distância total de retas*	Tempo curvas	Tempo retas	Tempo total (segundos)	Tempo total (minutos)	Tempo total com 10 trocas e movimentos operador (segundos)	Tempo total com 10 trocas e movimentos operador (minutos)
	Distância retas	Distância retas									
2	23,33		8	10,1	46,7	10,1	21,2	31,3	0,5	306,3	5,1
4	28,93		8	10,1	57,9	10,1	26,3	36,4	0,6	311,4	5,2
6	34,53		8	10,1	69,1	10,1	31,4	41,4	0,7	316,4	5,3
8	40,13		8	10,1	80,3	10,1	36,5	46,5	0,8	321,5	5,4
10	45,73		8	10,1	91,5	10,1	41,6	51,6	0,9	326,6	5,4
12	51,33		8	10,1	102,7	10,1	46,7	56,7	0,9	331,7	5,5
14	57,93		8	10,1	115,9	10,1	52,7	62,7	1,0	337,7	5,6
16	63,53		8	10,1	127,1	10,1	57,8	67,8	1,1	342,8	5,7
18	69,13		8	10,1	138,3	10,1	62,8	72,9	1,2	347,9	5,8
1	170,43	86,18	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	401,7	6,7
3	164,83	91,78	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	401,7	6,7
5	159,23	97,38	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	401,7	6,7
7	153,63	102,98	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	401,7	6,7
9	148,03	108,58	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	401,7	6,7
11	142,43	114,18	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	401,7	6,7
13	136,83	120,78	8	10,1	257,6	10,1	117,1	127,1	2,1	402,1	6,7
15	130,23	126,38	8	10,1	256,6	10,1	116,6	126,7	2,1	401,7	6,7
17	124,63	131,98	8	10,1	249,3	10,1	113,3	123,4	2,1	398,4	6,6
							Média	89,2	1,5	364,2	6,1

velocidade curvas	1	m/s
velocidade retas	2,2	m/s
Distância curva	1,3	m
tempo para retirar e colocar 4 carrinhos	75	s
Uma troca	20	s

Tempo médio sem movimentos do operador	89,151	s
Tempo médio sem movimentos do operador	1,4859	min
Capacidade(sem trocas, nem movimentos)	161,52	carrinhos

Tempo médio com movimentos do operador	164,15	s
Tempo médio com movimentos do operador	2,7359	min
Capacidade (sem trocas)	87,724	carrinhos

Tempo médio com 10 trocas	364,15	s
Tempo médio com 10 trocas	6,0692	min
Capacidade com 10 trocas	49,43	carrinhos

* A distância total de retas é a distância pela direita mais a distância mais curta (esquerda ou direita consoante o túnel)