



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA



João Pedro dos Santos

**MELHORIA DE UM PROCESSO DE  
APROVISIONAMENTO POR AGV**  
UM CASO DE ESTUDO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

**Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica no ramo de Energia e Ambiente orientada pelo Professor Doutor Fernando Jorge Ventura Antunes e pelo Engenheiro José Loureiro apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.**

Fevereiro de 2019





UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

FACULDADE  
DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA

# **Melhoria de um processo de aprovisionamento por AGV: Um caso de estudo na indústria automóvel**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia  
Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

## **Improvement of an AGV supply process: A case study in the automotive industry**

**Autor**

**João Pedro dos Santos**

**Orientadores**

**Professor Doutor Fernando Jorge Ventura Antunes**

**Engenheiro José Loureiro (PSA)**

**Júri**

<b>Presidente</b>	<b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b> <b>Professor Auxiliar com agregação da Universidade de Coimbra</b>
<b>Orientador</b>	<b>Professor Doutor Fernando Jorge Ventura Antunes</b> <b>Professor Auxiliar com agregação da Universidade de Coimbra</b>
<b>Vogais</b>	<b>Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira</b>

**Colaboração Institucional**

---



**PSA PEUGEOT CITROËN - Mangualde**

**Coimbra, Fevereiro, 2019**



Ao meu Pai.



## **Agradecimentos**

Agradecer à pessoa mais importante da minha vida: a minha Mãe, por tudo!

Ao professor Cristóvão Silva, por toda a disponibilidade, apoio e orientação prestada.

Ao CPMG, pela oportunidade de estágio na empresa. Uma experiência enriquecedora, que me fez crescer ainda mais, a nível pessoal e sobretudo a nível profissional.



## Resumo

A Indústria Automóvel, tem um papel fundamental para economia Portuguesa.

O caso de estudo foi desenvolvido no CPMG, centro de produção PSA em Mangualde, uma empresa do grupo PSA, que se dedica à construção de veículos automóveis.

A dissertação tem como objetivo principal, a otimização do processo de abastecimento por AGV, implementado na empresa.

Com o início da produção do novo modelo K9, surgiu a necessidade de saber, se o processo de aprovisionamento por AGV continuava a satisfazer as necessidades previstas nos postos de montagem e preparação. Para tal, foi efetuado o levantamento da situação atual.

Com base nas observações efetuadas, para os 9 percursos existentes, foram identificados alguns problemas associados a este sistema, nomeadamente o elevado tempo de paragens do AGV durante o processo de entrega.

O procedimento de recolha e análise dos dados, foi ilustrado através da análise de um dos percursos mais críticos. Para este percurso, a eficácia de entrega registada nas observações foi de 0%, já que todos os tempos de ciclo registados eram superiores ao tempo de ciclo necessário. Contextualizando, o tempo de ciclo observado foi 67% superior ao tempo de ciclo necessário.

As propostas de melhoria apresentadas, tiveram como base a aplicação de uma filosofia *Lean*, com vista a reduzir os desperdícios constatados e melhorar a eficácia de entrega do processo.

No final, recorrendo a uma análise ABC, foram propostas soluções, e quantificados os possíveis ganhos que se possam obter com a sua implementação.

**Palavras-chave:** Indústria automóvel; AGV; Kitting; Lean; Desperdício; Melhoria contínua.



## Abstract

The Automobile Industry plays a key role in the Portuguese economy.

The case study was developed at the CPMG, PSA production center in Mangualde, a company of the PSA group, which is dedicated to the construction of motor vehicles.

The main objective of the dissertation is to optimize the AGV supply process, implemented in the company.

With the start of production of the new K9 model, the need arose as to whether the AGV procurement process continued to meet the requirements of assembly and preparation stations. For this, the current situation was surveyed.

Based on the observations made, for the 9 existing routes, some problems associated with this system were identified, namely the longtime of AGV stops during the delivery process, anomalies in the process, lack of training of operators, lack of equipment maintenance, among others.

The data collection and analysis procedure were illustrated through the analysis of one of the most critical pathways. For this route, the delivery efficiency recorded in the observations was 0%, since all the recorded cycle times were higher than the required cycle time. Contextualizing, the observed cycle time was 67% higher than the required cycle time.

The improvement proposals presented were based on the application of a *Lean* philosophy, with a view to reducing the wastes found and improving the delivery efficiency of the process.

**Keywords** Automotive Industry; AGV; Kitting; Lean; Waste; Continuous improvement.



## Índice

Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tabelas .....	xi
Simbologia e Siglas .....	xiii
Simbologia.....	xiii
Siglas .....	xiii
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objetivo .....	2
1.3. Estrutura do documento .....	2
2. Caso de estudo .....	5
2.1. CPMG .....	5
2.2. Linha de Montagem .....	6
2.3. Abastecimento ao bordo de linha.....	7
2.3.1. Opção adotada pelo grupo PSA.....	7
2.3.2. Equipamentos de transporte.....	7
2.3.3. O processo de transporte.....	10
2.4. Problema .....	14
3. Revisão da Literatura.....	15
3.1. Filosofia <i>Lean</i> .....	15
3.2. KAIZEN.....	16
3.3. Análise abc.....	17
3.4. Abastecimento ao bordo de linha.....	17
4. Registo e Análise dos dados .....	19
4.1. Período de observações.....	19
4.2. Método para o tratamento e análise dos dados .....	20
4.2.1. Análise do percurso HC ESQ .....	22
4.2.2. Resultados do percurso HC ESQ.....	31
5. Análise dos dados e propostas de melhoria .....	47
5.1. Análise ABC .....	47
5.2. Matriz esforço-impacto.....	51
5.3. Outros aspetos relevantes.....	54
6. Conclusões.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
ANEXO A .....	65
ANEXO B .....	67
ANEXO C .....	71

ANEXO D..... 73

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Conjunto de transporte, composto por AGV EASYBOT e KITs. ....	9
Figura 2.2. (a) <i>Charriot</i> transportador de KITs; (b) Sistema de acoplamento - TIMON. ....	9
Figura 2.3. (a) <i>Remote Box</i> ; (b) <i>Traffic Box</i> . ....	12
Figura 4.1. Menus de navegação. ....	21
Figura 4.2. Comentários auxiliares. ....	21
Figura 4.3. Informação geral relativa à observação. ....	22
Figura 4.4. Dados obtidos no decorrer da observação. ....	24
Figura 4.5. Notas relativas à observação. ....	24
Figura 4.6. Valores de ocorrência do código de anomalia apresentado pelo AGV. ....	25
Figura 4.7. Tratamento dos dados obtidos da observação. ....	29
Figura 4.8. (a) Distribuição dos vários períodos, que constituem o tempo de ciclo do AGV; (b) Valores de ocorrência dos códigos de anomalia, em função do tempo de paragem. ....	30
Figura 4.9. Controlo de observações efetuadas. ....	31
Figura 4.10. Tempo necessário para o aprovisionamento. ....	32
Figura 4.11. Valores médios para a eficácia teórica de entrega. ....	32
Figura 4.12. Eficácia teórica de entrega, com base nas observações realizadas. ....	33
Figura 4.13. Tratamento de dados, para o total das observações efetuadas. ....	33
Figura 4.14. Proposta de melhoria. ....	34
Figura 4.15. Comparação do tempo de ciclo atual (observado) com o tempo de ciclo proposto. ....	35
Figura 4.16. Variação no tempo de carregamento proposto, mediante a redução de paragens. ....	37
Figura 4.17. Impacto da redução de paragens no tempo disponível para carregamento. ....	38
Figura 4.18. Valores médios de ocorrência do código de anomalia apresentado pelo AGV. ....	39
Figura 4.19. (a) Valores médios de ocorrência dos códigos de anomalia, em função do tempo de paragem; (b) Valores médios de ocorrência dos códigos de anomalia, em função do tempo de ciclo. ....	39
Figura 4.20. Análise comparativa para os diferentes tempos de ciclo. ....	40
Figura 4.21. Tempo de ciclo necessário considerando o tempo de ciclo base observado e o tempo total de paragens disponíveis. ....	41

Figura 4.22. Tempos de ciclo observados. ....	42
Figura 4.23. Tempo de ciclo observado com a classificação dos vários períodos. ....	43
Figura 4.24. Período de Ida observado. ....	43
Figura 4.25. Período de ida observado, com a classificação das paragens que se destacaram. ....	44
Figura 4.26. Período de Volta observado. ....	44
Figura 4.27. Período de volta observado, com a classificação das paragens que se destacaram. ....	45
Figura 4.28. Tempo de ciclo proposto com a classificação dos vários períodos. ....	45
Figura 4.29. Tempo de ciclo necessário para o cumprimento dos objetivos. ....	46
Figura 5.1. Análise ABC, tendo em conta os problemas identificados ao longo das observações. ....	48
Figura 5.2. Paragem simultânea de 2 AGVs, num posto de carregamento. ....	49
Figura 5.3. (a) Presença de 2 AGVs no local de espera; (b) Bloqueio à passagem do AGV que transporte os KIT do HC DIR. ....	50
Figura 5.4. (a) AGV à espera para entrega de KITs vazios; (b) 2 AGVs em situação de espera para entrega de KITs vazios. ....	51
Figura 5.5. Matriz Esforço-Impacto para as soluções propostas. ....	53
Figura 5.6. (a) (Fotografia lateral da <i>Traffic Box</i> ) Obstrução no acesso aos botões de controlo da <i>Traffic Box</i> ; (b) Falta de identificação, nos botões de controlo da <i>Traffic Box</i> . ....	56
Figura 0.1. Fluxograma de ação para passagem de zonas. ....	65
Figura 0.2. (a) Fluxograma de ação para local de espera automatizado; (b) Fluxograma de ação para local de espera normal. ....	65
Figura 0.3. Fluxograma de ação para locais com presença de semáforos. ....	66
Figura 0.4. Fluxograma de ação nos locais com postos de carregamento. ....	66

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Períodos de laboração. ....	5
Tabela 2.2. Disposição dos AGVs pelos vários percursos estabelecidos. ....	8
Tabela 4.1. Período de pausa dos trabalhadores. ....	23
Tabela 5.1. Descrição e valores de ocorrência para os 3 problemas principais. ....	48
Tabela 5.2. Avaliação do Esforço e Impacto associados à solução proposta, para os 3 problemas principais. ....	51
Tabela 0.1. Lista de códigos de ecrã, para AGV EASYBOT [26]. ....	67
Tabela 0.1. Valores de ocorrência, para os vários problemas identificados no decorrer das observações ....	71
Tabela 0.1. Tabela de ações KAIZEN, onde constam propostas de soluções para os problemas identificados na totalidade dos percursos. ....	73



## **SIMBOLOGIA E SIGLAS**

### **Simbologia**

V – volt

### **Siglas**

AGV – *Automated Guided Vehicle*

CPMG – Centro de Produção PSA em Mangualde

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FIFO – *First in first out*

PIB – Produto Interno Bruto

RB – *Remote Box*

RFID – *Radio-Frequency Identification*

TB – *Traffic Box*



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento

O *cluster* da Indústria Automóvel, compreendido na sua maioria pelos ramos da produção de componentes e construtores de veículos automóveis, revela-se estratégico para economia Portuguesa. Em 2016, foi responsável por um volume de negócios de cerca de 10,5 milhões de euros, o equivalente a 5,6% do PIB nacional

Segundo os dados relativos à produção automóvel em Portugal, da ACAP, no ano de 2018 foram produzidos 285673 veículos [1].

O CPMG, centro de produção PSA em Mangualde, é uma empresa do grupo PSA, que se dedica à construção de veículos.

Atualmente atravessa um importante período de transição, tendo iniciado a produção de um novo modelo, denominado por K9, em novembro de 2018. Essa transição, teve associada inúmeras mudanças na fábrica, com a necessidade de ajustar os vários equipamentos instalados, dotar as pessoas para essas alterações, a criação de novos postos de trabalho, alteração do *layout* fabril, a aquisição e instalação de novos equipamentos, entre outras.

Em 2018 apresentou uma produção de 63073 veículos, um aumento de 17,8% face a 2017 [2].

Este tipo de mercado é altamente competitivo e exigente. Trabalhar numa empresa com a dimensão e importância do grupo PSA, foi desde logo um grande desafio. Todos os dias a mudança é constante. É necessário procurar métodos que melhorem a produtividade e eficiência. Cada vez mais é importante otimizar processos, reduzir custos, eliminar desperdícios, apostar na melhoria contínua.

Para o caso de estudo, foram adotadas metodologias *Lean* com vista a resolução dos problemas identificados.

O estágio, teve a duração de 6 meses, em horário diurno. O trabalho foi realizado de forma autónoma, sob a orientação de professores da Universidade de Coimbra e o auxílio prestado pelos engenheiros e operadores da empresa.

## 1.2. Objetivo

Durante o período de estágio, face ao período de transição, houve a necessidade de executar 2 tipos de estudo, no âmbito do processo de abastecimento por AGVs, que se encontra atualmente implementado. O primeiro, numa fase inicial, envolvendo uma produção mista entre o modelo antigo e novo (em fase de testes), serviu para fazer um levantamento geral da situação. Foi analisado todo o fluxo de entrega dos componentes e as possíveis interferências ao longo do processo, forma a apresentar conclusões para a empresa a nível de necessidade de equipamentos. Numa segunda fase, com o início da produção a tempo inteiro do novo modelo e já com as mudanças efetuadas, houve a necessidade de um estudo mais profundo. Esse estudo, serviu como tema da dissertação, tendo como principal objetivo a melhoria do processo de aprovisionamento por AGV.

Isto é, perante os equipamentos e condições instaladas, há a necessidade de saber se o processo de aprovisionamento por AGV continua a ser competente e a satisfazer as necessidades previstas nos postos de montagem e preparação.

Para tal, deve ser feito o levantamento da situação atual, identificando os disfuncionamentos existentes, investigando as causas que estão na origem dos problemas e que afetam o normal funcionamento, fazendo uma posterior análise e quantificação do seu impacto, para que no final seja apresentado possíveis soluções e propostas de melhoria.

Foi então necessário, conhecer toda a instalação fabril que diz respeito ao setor da montagem, os equipamentos envolventes no processo, o modo de funcionamento e controlo dos AGVs, o planeamento previsto para as ações a executar pelos AGVs, estudar todos os circuitos existentes e suas interações, as necessidades individuais para cada percurso, de que forma é feito o *picking*, etc.

## 1.3. Estrutura do documento

A presente dissertação é composta por 6 capítulos:

No capítulo 1 é feito o enquadramento ao tema e a identificação dos objetivos da dissertação.

No capítulo 2 tem-se a descrição do caso de estudo. É explicado o fluxo de fabricação do veículo e o método que se encontra implementado para o abastecimento dos

vários componentes à linha de montagem. Terminando com uma breve contextualização do problema.

O capítulo 3 conta com a revisão da literatura, tendo por base a abordagem utilizada durante a análise.

O capítulo 4 contém a análise do processo de abastecimento. É explicado o procedimento realizado na identificação dos problemas e a forma utilizada no tratamento dos dados recolhidos.

No capítulo 5 são analisadas propostas de melhoria, com recurso à metodologia de análise ABC e a elaboração de uma matriz Impacto-Esforço.

A dissertação encerra com o Capítulo 6, onde são apresentadas as conclusões para o caso de estudo efetuado.



## 2. CASO DE ESTUDO

### 2.1. CPMG

O centro de produção PSA em Mangualde (CPMG), foi fundado em 1962 [3]. É uma unidade do grupo PSA que se dedica à produção automóvel.

Atualmente, atravessa um importante período de transição, tendo iniciado a produção, a tempo inteiro, de um novo modelo em Novembro de 2018. Este, designado internamente por K9, é fabricado exclusivamente nos centros de Vigo (Espanha) e em Mangualde. Na linha de montagem, são fabricados 4 veículos distintos, nas variantes de comercial ligeiro o Peugeot Partner e Citroën Berlingo furgão e de passageiros o Peugeot Rifter e Citroën Berlingo [4].

No CPMG são cerca de 1000 postos de trabalho [2]. Estão constituídos 3 turnos de laboração, segundo o horário descrito na tabela seguinte:

**Tabela 2.1.** Períodos de laboração.

	<b>Manhã</b>	<b>Tarde</b>	<b>Noite</b>
<b>Início [hh:mm:ss]</b>	07:00:00	15:00:00	23:00:00
<b>Fim [hh:mm:ss]</b>	15:00:00	23:00:00	07:00:00
<b>Tempo de paragem [hh:mm:ss]</b>	00:30:00	00:30:00	00:30:00

A fábrica, encontra-se dividida em 3 sectores principais: Ferragem, Pintura e Montagem.

A capacidade máxima de produção do CPMG é de 75000 veículos por ano [4]. À data de conclusão do estágio, segundo os responsáveis pelo setor da montagem, o objetivo de produção era de 290 veículos por dia.

O fluxo de produção de um veículo é contínuo, estando todos os setores dependentes entre si. O processo inicia-se no setor da Ferragem, segue para o setor da Pintura e termina no setor da Montagem, com o veículo pronto para utilização.

## 2.2. Linha de Montagem

Tal como o nome indica, é no setor da montagem, que são montados todos os componentes que constituem o veículo. Este setor, é composto pelo armazém dos componentes, a linha principal de montagem e as zonas de preparação.

A produção neste setor, depende sobretudo do fornecimento permanente de caixas (denominação para a estrutura inicial do veículo, quando este dá entrada na linha de montagem), diretamente do setor da Pintura, e do correto funcionamento da linha de montagem.

Com vista a absorção de vários tipos de flutuações, como quebras de produção e avarias nos equipamentos, está instalado um *buffer* [5], com uma capacidade máxima de 10 caixas, à entrada da linha de produção. Desta forma, é possível gerir possíveis falhas de produção no setor da Pintura.

Já para o correto funcionamento da linha de montagem, é fundamental o empenho, dedicação e rigor por parte de todos os operários, o correto funcionamento dos equipamentos instalados, a disponibilidade em armazém de todos os componentes, o aprovisionamento eficaz dos mesmos a todos os postos de trabalho, o cumprimento das regras estabelecidas, etc.

A linha de montagem tem a forma de U e está dividida em 3 zonas importantes:

- HC – Composição do habitáculo (início da linha de montagem);
- MVM – Montagem mecânica do veículo;
- MVA – Acabamento da montagem do veículo (fim da linha de montagem).

No meio da mesma, encontram-se as 3 zonas de preparação:

- PAV – Portas frontais;
- PLC – Portas laterais de correr;
- PQB – Quadros de bordo.

A descrição dos termos, corresponde à sua interpretação para o Português.

---

## 2.3. Abastecimento ao bordo de linha

### 2.3.1. Opção adotada pelo grupo PSA

Para que a linha de montagem funcione, é necessário que todos os componentes do veículo, estejam disponíveis junto ao posto de trabalho, para que o operador os possa utilizar. No entanto, é necessário transportar estes componentes desde o armazém, o local onde se encontram armazenados, até ao bordo de linha. Nas várias fábricas do grupo PSA, o sistema adotado para executar este trabalho, é denominado por *full kitting*.

Este método, surge como alternativa aos stocks junto ao bordo de linha, otimizando os fluxos logísticos já que os operadores de logística passam a entregar as peças nas áreas de *kitting* [6], [7]. Nestas áreas, dedicadas à preparação dos KITS, a seleção dos vários componentes é auxiliada por um sistema visual designado por *pick to light* [8]. Este sistema, além de agilizar todo o processo de *kitting*, elimina os erros associados a este (assegura qualidade e precisão) e melhora a ergonomia do operador [9], [10]. Os KITS, quando completos, são transportados desde o armazém até ao bordo de linha com recurso a AGVs. Aí são introduzidos na linha de montagem e acompanham o veículo correspondente durante a sua produção. Deste modo, o operador de linha tem à sua disposição a quantidade de peças necessárias, no momento certo, ao longo das várias etapas do processo de produção [8].

O AGV segue para o final da linha de montagem de maneira a recuperar os KITS vazios e devolvê-los à área de *kitting*, onde se efetuada novamente o processo.

### 2.3.2. Equipamentos de transporte

É aos AGVs, que compete o transporte dos vários componentes para os respetivos postos de montagem e preparação. Perante as distintas características do material a transportar, existe no setor da montagem 3 modelos diferentes de AGVs:

- **SMART CART – DAIFUKU WEBB**

Este modelo, é utilizado no transporte das estruturas referentes às portas laterais de correr ao seu local de preparação, no transporte das portas finalizadas, desde as zonas de preparação (PAV e PLC) até aos locais respetivos na linha de montagem e no retorno dos *charriots* vazios à pintura.

- **EASYBOTS – ASTI**

Este tipo de AGV efetua o transporte da maioria dos componentes instalados nos veículos, desde o armazém logístico até aos locais de montagem e preparação. É ainda utilizado, noutra setor da montagem, servindo de apoio no circuito de preparação dos motores.

- **OMNIBOTS – ASTI**

São AGVs bastantes distintos de todos os outros mencionados. Fazem o transporte da estrutura base dos veículos, entre o seu local de preparação e montagem. Têm uma capacidade de carga bastante superior e são capazes de se movimentar no plano horizontal, em todas as direções.

É relativamente ao modelo EASYBOT, que recai o estudo da dissertação. No total são 29 AGVs deste tipo, distribuídos pelos 9 percursos existentes. Na designação dos percursos, consta a informação relativa ao local de aprovisionamento (uma das zonas de montagem ou preparação já abordadas), o número a que corresponde os postos de trabalho (onde serão montadas as peças transportadas nos KITS) e a disposição do local, relativamente à linha de montagem (se estes estão dispostos à esquerda ou direita da mesma). De referir que, todos os AGVs estão devidamente identificados por um número, estando a sua distribuição pelos percursos feita da seguinte forma:

**Tabela 2.2.** Disposição dos AGVs pelos vários percursos estabelecidos.

Percurso	HC ESQ	HC DIR	MVM 2-11	MVM 14-19 ESQ	MVM 14-19 DIR	MVA	PAV	PLC	PQB	
	1639	860	48	1	1838	2	1821	1833	52	
Nº do AGV	1839	1637	1836	4	1842	23	1841	1834	2177	
	2178	1825	1840	3	2180	1638	1843	1835	2181	
	---	---	2179	---	---	1837	---	---	---	
<b>Nº total de AGVs</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>29</b>

Para a construção de um veículo, são necessárias na linha de montagem diversas peças com diferentes características e tamanhos. A preparação de todos os pedidos (*picking*) é feita no armazém, nas respetivas áreas de *kitting*. Cada percurso possui a sua área de *kitting* correspondente. É a partir desta área que todos os componentes são transportados, através de carruagens acopladas a um AGV. Cada carruagem, é composta por um *charriot* que tem associado um KIT respetivo. No conjunto, o sistema é idêntico ao comboio logístico, no qual

o AGV é o meio locomotor e os *charriots* com os KITS, as carruagens que transportam o material a deslocar, como se pode ver na Figura 2.1. O número de carruagens está definido em função: das necessidades de cada zona de abastecimento, do trajeto efetuado ao longo do percurso, da carga total a transportar e da dimensão do próprio *charriot*.



**Figura 2.1.** Conjunto de transporte, composto por AGV EASYBOT e KITS.

Os KITS, são as estruturas em formato de estante/armário, com compartimentos adequados para o acondicionamento das peças (Figura 2.2 (a)). São projetados mediante o percurso em causa, forma a corresponder às diferentes necessidades.



(a)



(b)

**Figura 2.2.** (a) *Charriot* transportador de KITS; (b) Sistema de acoplamento - TIMON.

O *charriot* é o termo Francês, referente ao atrelado de transporte. É constituído por uma estrutura metálica com rodas e um sistema de engate, designado por TIMON (Figura 2.2 (b)), que permite o acoplamento simultâneo entre múltiplos KITS como também o acoplamento ao AGV que executa a sua locomoção. São desenhados de maneira a que o AGV consiga passar por baixo dos mesmos, permitindo a deslocação para uma próxima etapa do processo (útil na movimentação para os locais destinados à espera de KITS).

Todos os *charriots* levam consigo um KIT, à exceção do *charriot* das PLC, que transporta 2 KITS em simultâneo.

Para simplificar, é chamado KITS ao conjunto composto pelo *charriot* e o seu KIT respetivo.

### **2.3.3. O processo de transporte**

Como se viu anteriormente, cabe ao AGV executar de forma cíclica, o transporte de material desde o armazém logístico até aos postos de montagem e preparação.

Ao longo do trajeto, o AGV é guiado através de uma banda magnética. A colocação desta, é feita de modo a traçar todo circuito, para que os AGVs possam circular e desempenhar as suas funções. Apesar das rotas definidas, serem independentes para cada percurso, existe em alguns locais do traçado, a partilha de banda magnética por parte dos AGVs, possibilitando a circulação comum entre AGVs de vários percursos.

A produção de veículos é totalmente customizada, havendo a necessidade do *picking* ser próprio para cada veículo em questão. Isto significa, que os KITS terão de chegar aos respetivos locais de entrega, com todo o material necessário e na ordem correspondente ao veículo em produção.

Para cada percurso, está definido um número de KITS ideal para o transporte. No armazém logístico, o operador após finalizar o *picking* e verificar que se atingiu esse número de KITS, procede ao atrelar dos mesmos entre si e aciona o botão que ordena o avanço do AGV, na *Remote Box* respetiva. Deste modo, o AGV, que possuir um pino de carga automático, faz o acoplamento dos KITS, iniciando o transporte até o seu destino.

Os KITS completos, podem ter como destino: zonas de montagem ou preparação. Nos casos das zonas de montagem, o AGV ao chegar ao local de abastecimento, deixa os KITS completos e prossegue para o local de espera de KITS vazios. Aqui permanece até que seja dada a ordem de avanço pelo operador do posto, quando é atingido o número de KITS

vazios, estabelecido para transporte. Se for uma zona de preparação, o AGV fica a aguardar a conclusão do processo de troca de KITS. No final, quando o último KIT é trocado com o posto de preparação, é dada a ordem de avanço por parte do operador do posto.

Em ambos os casos, quando recebida a ordem de avanço, o AGV inicia o transporte de regresso para o local respetivo do armazém logístico, para seja executado novamente o *picking*.

O percurso que é feito pelo AGV, desde o momento em que sai do armazém logístico até voltar a sair do mesmo ponto, é denominado como ciclo.

No decorrer das suas deslocações pelo circuito, o AGV está programado para cumprir com determinadas ações estabelecidas e é capaz de reagir a eventuais interferências.

Ao se movimentar, é através da leitura de TAGs, espalhadas estrategicamente no circuito, que essas ações são cumpridas. Contudo, perante a quantidade de possíveis interferências, nomeadamente a presença de pessoas no mesmo ambiente de deslocação, é imprescindível a presença de dispositivos de segurança.

As TAGs são dispositivos com tecnologia RFID, colocados por de baixo da banda magnética. Neles consta a informação das ações a realizar pelo AGV, seja variar a velocidade, mudar de direção, subir ou descer o pino de carga, executar uma paragem de espera, esperar até que se cumpram determinadas condições, etc. É ao ler a informação destas etiquetas, através de uma antena RFID, que o AGV executa a ação que lhe é concedida e uma vez esta realizada, prossegue o movimento até encontrar um novo TAG [11].

Em determinadas locais, a leitura de TAGs pode não ser uma condição suficiente. Surge então a necessidade de comunicação, com dispositivos de controlo remoto. Há dois tipos destes dispositivos, as *Remote Box* (Figura 2.3 (a)) e as *Traffic Box* (Figura 2.3 (b)). Ambos, são dispositivos de controlo à distância, em que a comunicação com o AGV é feita sem fios, via WIFI. Permitem também a interação com outros elementos externos ao AGV, transmitindo uma tomada de decisão, quando se alcança o cumprimento de determinadas funções.



**Figura 2.3.** (a) *Remote Box*; (b) *Traffic Box*.

As *Remote Box* (Figura 2.3 (a)), encontram-se na generalidade dos casos, em locais de espera e passagens por semáforos. Estão equipadas com um botão de “START” e “RESET”, cabendo ao operador, através do acionamento dos mesmos, impor determinada decisão. Analise-se o exemplo, em que o AGV se encontra parado num local de espera, a aguardar o cumprimento de determinada condição. O avanço do AGV pode ser feito de forma automática, quando se verifica o cumprimento da condição programada no sistema, ou de forma manual através do acionamento do botão “START” da *Remote Box* respetiva. O Botão “RESET”, quando pressionado, tem a função de anular a ordem transmitida anteriormente.

Já as *Traffic Box* (Figura 2.3 (b)), são utilizadas no controlo de tráfego dos AGVs. Verificam-se sobretudo em cruzamentos, onde há a circulação de AGVs de vários circuitos, nas diferentes direções possíveis. Nestas situações, é necessário que o tráfego seja controlado, para que não se verifiquem colisões e consequentes irregularidades no processo. O controlo realizado pelas *Traffic Box*, é feito por zonas. Cada zona, corresponde a uma área do circuito, delimitada por TAGs. À chegada a uma zona, a leitura da TAG por parte do AGV, resulta na comunicação com a *Traffic Box* respetiva. Na comunicação, o AGV pede permissão para transpor a zona. A Permissão é dada mediante a ordem de chegada do AGV ao cruzamento, através do sistema FIFO. Ao obter essa permissão, o AGV inicia o movimento até finalizar a passagem pela zona, onde é feita novamente a leitura de uma TAG, para que este informe a *Traffic Box* da sua saída [12]. Cada *Traffic Box*, pode gerir múltiplas zonas em simultâneo, possuindo um botão em específico para cada uma. Esse botão emite

uma luz, durante a passagem de um AGV. Na presença de alguma anomalia durante o processo, ou na falha de comunicação, por parte de um AGV, no momento da saída da zona, a mesma fica bloqueada, impedindo o acesso a outros AGVs. Nestas situações, é necessário um RESET manual por parte de um operador, através do acionamento, por cerca de 2 segundos, do botão que diz respeito à zona em questão.

De salientar que, nos casos em que o AGV aguarda pelo cumprimento de determinadas condições ou por permissão de acesso a zonas, a ordem de avanço pode ser efetuada de forma manual, diretamente no AGV, dado que esta se sobrepõe a outras condições externas. Posto isto, deve haver o cuidado na sua realização, pois pode levar a possíveis perturbações nos circuitos.

Toda a programação das diferentes ações, tanto das TAGs como das *Remote Box*, é feita no programa de gestão para AGVs chamado SIGAT[13].

A nível de dispositivos de segurança, de salientar para o processo a existência de um botão de emergência, que imobiliza por completo o AGV e um sensor laser, denominado por ROTOSCAN, que faz a deteção de obstáculos que se apresentem à frente deste, evitando desta forma possíveis colisões. A configuração do raio e comprimento de ação do sensor laser, são alterados de forma automática, mediante as condições presentes durante o movimento do AGV, ou então na programação das TAGs, que se encontram dispostas ao longo do circuito [13]. O sensor ROTOSCAN, é também utilizado em alguns cruzamentos, nos quais, dado o posicionamento do AGV à entrada destes, é possível a detenção de movimento de outro AGV que faça essa travessia, ficando o AGV imóvel à entrada do cruzamento, até que o outro AGV faça a travessia na totalidade.

O AGV possui 2 baterias de 12V, que fornecem a energia necessária ao seu funcionamento [14]. O carregamento destas pode ser feito de duas formas:

- De forma manual, através de uma ficha de carregamento integrada, que possibilita a conexão a uma tomada de 220V. Tal é útil e relevante, em situações de emergência, como a falta de bateria ao longo do percurso, bastando movimentar o AGV para junto de uma tomada e ligar a ficha a esta ou em paragens de produção prolongadas, em que o processo de carga manual é o mais aconselhado.
- Carregamento automático, através dos postos de carregamento, dispostos estrategicamente ao longo do circuito. Esta colocação, é feita locais onde

se prevê as paragens mais demoradas do AGV, com vista a obter o tempo mais vantajoso para a recarga das suas baterias, o que influencia de forma direta a sua autonomia. O AGV possui um mecanismo automático, composto por escovas móveis, que descem junto ao solo possibilitando o contacto elétrico entre o AGV e o posto de carregamento [14]. O carregamento só é realizado, quando o AGV se encontra parado num posto de carregamento, se verifica o contacto elétrico e tem tempo disponível para proceder à recarga das baterias. Nos postos de carregamento automático, está disponível a opção de carregamento rápido (*fastcharging*). É o AGV que, mediante a autonomia disponível, gere a sua forma de carregamento, controlando a intensidade de corrente ao longo do processo de carga das baterias

Em anexo, está disponível os fluxogramas das ações realizadas pelo AGV, em situações de passagem por zonas, semáforos, locais de espera e postos de carregamento.

## 2.4. Problema

No início do estágio, juntamente com os responsáveis da empresa, constatou-se que a entrega de KITs por AGV não ia ao encontro das necessidades da linha de montagem.

Face à descrição do processo, verifica-se que o funcionamento do AGV não decorre de forma contínua. O cumprimento das várias ações e a capacidade para reagir eventuais interferências, leva a que este execute várias paragens ao longo do seu trajeto.

Quando planeadas, as paragens podem ser imprescindíveis para o processo, no entanto, há paragens que constituem um desperdício, sendo desnecessárias para o normal funcionamento. Durante o transporte, verifica-se de forma frequente a ocorrência destas paragens, sendo preocupante o tempo que estas chegam a atingir. No seu conjunto, dificultam que o processo de abastecimento seja feito em função do *Takt Time* definido para a linha.

Posto isto, são estas paragens que vão ser alvo de estudo, de maneira a otimizar o processo e aumentar a sua eficácia de entrega.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

Para resolver o problema que foi descrito no capítulo anterior, vai ser seguido alguns princípios da metodologia *Lean*, considerando em grande parte como desperdícios, o tempo de paragem efetuado pelos AGVs. Esta abordagem, além de parecer a mais adequada e ser o aconselhado por professores entendidos na área, mereceu também a aprovação por parte dos responsáveis da empresa.

Deste modo, apresenta-se a seguir uma pequena revisão sobre estes temas.

#### 3.1. Filosofia *Lean*

O termo *Lean* surge nos anos 80, por uma equipa de investigadores do MIT liderada por James Womack, na apresentação de um estudo relativo à indústria automóvel, mais propriamente a descrição do sistema de produção utilizado pela Toyota (Toyota Production System (TPS)) [15].

A filosofia *Lean* tem por base 5 princípios, tendo em conta o ponto de vista do cliente: definição de valor, mapeamento da cadeia de valor, criação de um fluxo produtivo, introdução de um sistema *pull* e procurar a perfeição.

Segundo Pinto (2014) “O pensamento *Lean*, surge como um modelo de gestão cujo objetivo é o desenvolvimento das pessoas, processos e sistemas tendo em vista a redução ou eliminação do desperdício em toda a organização e a criação de valor” [16].

Womack e Jones (1996), afirmam que “O pensamento *Lean* é o antídoto para o desperdício.” [17].

Entende-se como desperdício ou MUDA (significado de desperdício em Japonês), todas as atividades que não acrescentam valor. No total, são 7 as formas de desperdício, identificadas por Taiichi Ohno, com base no sistema de produção da Toyota (TPS) [17][18]:

1. **Transporte:** na deslocação de materiais entre operações, de um local para outro;

2. **Inventário:** conjunto de materiais, como matérias primas ou componentes, que de uma forma direta, não são necessários para suprimir as encomendas de clientes
3. **Movimentação:** diz respeito ao movimento desnecessário de pessoas, quando estas se movem mais do que o processo realmente necessita
4. **Espera:** associadas a períodos de inatividade no decorrer dos processos, devido a falhas no processo produtivo.
5. **Sobre produção:** refere-se à produção de quantidades excessivas, relativamente à procura do cliente;
6. **Sobre processamento:** está associado ao excesso de qualidade, ou seja, quando se produz acima do padrão exigido pelo cliente
7. **Defeitos:** quando não o produto não é produzido da melhor forma à primeira

Vários autores consideram um oitavo desperdício:

8. **Desperdício de talento humano:** não havendo um aproveitamento dos recursos na totalidade. Verifica-se em situações de falta de formação das pessoas, má gestão dos recursos, falta de comunicação e falta de planeamento.

Pode-se concluir, que com a aplicação de uma filosofia *Lean*, através da eliminação do desperdício ao longo da cadeia de valor, é possível as empresas satisfazerem as necessidades do cliente, produzindo produtos com qualidade com o mínimo de recursos.

### 3.2. KAIZEN

*Kaizen* é uma palavra de origem Japonesa, que significa mudar para melhor.

Esta prática de melhoria contínua, baseia-se particularmente no trabalho em equipa entre funcionários de todos os níveis da empresa, na partilha de conhecimento, na análise da situação no terreno e na implementação de soluções para corrigir as causas dos problemas [19][20]. Desta forma é possível alcançar o aumento da produtividade e a redução dos custos [21].

Em suma, efetuar um plano de ações *Kaizen*, é identificar terreno as formas de desperdícios presentes e implementar de forma contínua soluções, que traduzam a sua melhoria.

### **3.3. Análise abc**

A análise ABC surge de um estudo executado por Wilfredo Pareto. Neste estudo, foi avaliada a distribuição da riqueza numa população, chegando à conclusão que 20% da população detinha uma grande parte da riqueza, cerca de 80%, enquanto que 50% detinha apenas 5% [22]. Esta análise, conhecida também como regra do 80/20, permite avaliar a importância de um conjunto de elementos. Para o estudo em questão, esta regra pode ser definida da seguinte maneira: para a quantidade de eventos identificada, 20% das causas são responsáveis por 80% dos problemas [23].

Atualmente, é aplicada em várias situações, como gestão de stocks, lista de ações, defeitos de processos, atividades críticas entre outras [22].

### **3.4. Abastecimento ao bordo de linha**

Segundo Fernandes et al. (2014), para que não se verifique falhas na produção ou na entrega dos materiais, é fundamental o bom funcionamento da logística interna, dado que é esta que garante a entrega dos materiais na quantidade certa, no momento certo e no local certo [24].

No caso em estudo, a entrega de componentes à linha de montagem é efetuada com recurso a AGVs. O processo, já analisado no capítulo anterior, é semelhante ao denominado de *Mizusumashi*, também conhecido por *Milk Run* ou comboio logístico.



## **4. REGISTO E ANÁLISE DOS DADOS**

De modo a alcançar os objetivos pretendidos, o processo de entrega por AGV, foi observado na totalidade, para os 9 percursos existentes.

Nas observações, foram registados todos os aspetos pertinentes para a análise, nomeadamente as paragens efetuadas pelo AGV e quais os motivos da sua ocorrência.

### **4.1. Período de observações**

Os dados obtidos nas observações devem ser precisos, detalhados e abrangentes (ao nível de possíveis interações e disfuncionamentos presentes ao longo dos percursos). Deste modo, é possível identificar a maioria das causas dos problemas existentes e chegar a uma análise o mais credível possível.

Antes de partir para as observações, surgiu então a necessidade de estabelecer os seguintes pressupostos:

1. Devem ser realizadas 3 observações para cada AGV.
2. Podem ser observados no máximo 2 ciclos consecutivos.
3. As observações devem conter informação de distintos períodos de trabalho, englobando turnos diferentes ou dias diferentes.

Ex: Ao serem realizadas 2 observações consecutivas no turno da manhã, a 3ª e última observação deve ser feita no turno da tarde ou em outro dia de trabalho.

4. Entende-se como paragem do AGV, quando este fica imóvel em determinado local do circuito, um intervalo de tempo superior a 10 segundos.
5. Para disfuncionamentos de simples de resolução, em que o tempo de paragem do AGV é superior a 1 minuto, deve intervir na tentativa de solucionar os mesmos. Isto, nos casos em que a resolução é benéfica para o passo seguinte do processo, com vista a não afetar a produção de forma substancial. Contudo deve ser assinalado na observação a autoria da resolução, de modo a constatar que em casos reais, não existindo a

intervenção, este tipo de anomalias origina um impacto negativo bastante superior.

6. Para paragens do AGV devido a KITs soltos, a atuação deve ser imediata, pois o AGV não está capacitado para a deteção deste tipo de falha, prosseguindo de forma normal o seu movimento.
7. Em paragens que se revelam consecutivas, cuja a causa da anomalia tenha origem em problemas técnicos, deve ser registada a anomalia e reportada à manutenção, para que a mesma possa ser resolvida o mais rapidamente possível.

Ex: Falhas consideráveis na banda magnética, falta de TAGs no circuito, AGV não fez a libertação de zona, etc.

8. Na presença de uma avaria no AGV, que necessite de intervenção por um tempo indeterminado, ou a interrupção na atividade por um longo período, deve-se dar por terminada a observação, identificando se possível, a causa do problema para análise geral da instalação.

Ex: Paragem do AGV por falta de bateria.

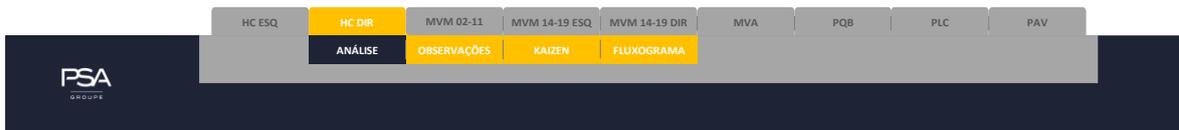
As observações decorreram entre os meses de novembro e dezembro de 2018, sendo a primeira registada no dia 22/11/2018 e a última no dia 21/12/2018.

Durante o período de observações, dos 29 AGVs EASYBOT existentes, 27 estavam no ativo e foram observados. Os restantes 2, o AGV nº 1838 referente ao percurso MVM 14-19 ESQ e o AGV nº 2 referente ao percurso MVA, encontravam-se avariados.

Todos os pressupostos foram cumpridos, executando as 3 observações pelos 27 AGVs em funcionamento nos 9 percursos existentes, perfazendo um total de 81 observações realizadas, 64:27:15 [hh:mm:ss] de acompanhamento.

## **4.2. Método para o tratamento e análise dos dados**

Foi elaborada uma folha de cálculo, de modo a organizar todos os dados registados e facilitar a sua análise. Nessa folha, constam os dados das observações realizadas, para os 9 percursos existentes. Possui menus interativos (Figura 4.1), para fácil navegação.



**Figura 4.1.** Menus de navegação.

Para cada percurso, está disponível a sua análise, ilustrada com gráficos e fotografias, registadas no momento de ocorrência dos problemas mais relevantes. Possui também uma tabela de ações KAIZEN, que resume os problemas existentes e possíveis soluções.

Esta folha de cálculo, foi projetada para utilização futura. Inclui uma folha padrão, de modo a replicar a análise efetuada para novas observações. Tem capacidade para serem introduzidos dados até um máximo de 15 observações por percurso e inclui comentários (Figura 4.2), que auxiliam nas várias etapas da sua colocação.

Número de observações realizadas:				
Nº AGV	1639	1839	2178	
Nº de observações realizadas por AGV	3	3	3	---
Nº Total de AGVs:	3			
Nº Total de Observações:	9			

João Pedro Santos:  
Introduzir o número do AGV a circular no circuito em questão.

**Figura 4.2.** Comentários auxiliares.

O procedimento de recolha e análise dos dados, será ilustrado com a análise do percurso HC ESQ. Eleito por apresentar um elevado número de disfuncionamentos, responsáveis pela grande variação do tempo de ciclo (comparativamente ao necessário) e uma eficácia teórica de entrega nula. Considerado um dos percursos mais críticos, levou a que fosse dos primeiros a ser observado.

Os dados, decorrentes das observações, foram obtidos com recurso a um cronómetro e pela análise em simultâneo das condições envolventes e da leitura dos códigos de erro apresentados no AGV.

A lista de códigos existente, relativamente ao estado ou tipo de anomalia presente no decorrer do funcionamento, é apresentada em anexo.

Salientar também, que o procedimento e estrutura a seguir apresentado, foi repetido para todas as observações.

### 4.2.1. Análise do percurso HC ESQ

No decorrer do período de observações, o percurso HC ESQ apresentava 3 AGVs em atividade, resultando um total de 9 observações efetuadas (3 por cada AGV, como o estabelecido nos pressupostos).

Para cada observação, o registo na folha de cálculo divide-se em 3 partes fundamentais: o cabeçalho, a anotação dos dados e aspetos mais relevantes e por fim o tratamento desses dados e análise de resultados.

No cabeçalho (Figura 4.3), encontra-se indicado a designação do percurso e o número referente à observação em questão. É nele que consta a informação fundamental da observação, em particular os valores do tempo de ciclo do AGV.

1 Dados do percurso HC ESQ					
Nº AGV	2178	Dia	22/11/2018	Hora de partida [hh:mm:ss]	14:18:00
Tempo de ida [hh:mm:ss]	0:23:49	Tempo de volta [hh:mm:ss]	0:38:21	Tempo de ciclo [hh:mm:ss]	1:02:10
Existiu pausa dos trabalhadores?	Não	Período [hh:mm:ss]	---	Duração [hh:mm:ss]	---

Figura 4.3. Informação geral relativa à observação.

Todas as observações, têm como ponto de partida o momento em que o AGV faz o acoplamento nos KITs completos, à saída do local onde é efetuado o *picking*. Nesse instante é identificado o número do AGV, o dia e a hora de partida. Estes parâmetros, têm como finalidade a organização dos dados por data (da observação da mais antiga à mais recente) e verificar o cumprimento dos pressupostos estabelecidos (quantidade de observações efetuadas por AGV, número máximo de observações consecutivas e o período do dia em causa).

Entende-se como tempo de ciclo, o intervalo de tempo que o AGV demora a executar a totalidade do seu percurso. Isto é, o tempo que decorre, desde o momento em que é feito o acoplamento dos KITs completos (quando se dá o início da observação) até que o volte a fazer.

O período que decorre, desde esse ponto de partida até ao momento em que o AGV faz a entrega dos KITs completos (no local de aprovisionamento) é denominado por tempo de ida. Já o tempo de volta, é calculado, com base nos valores introduzidos para o tempo de ciclo e o tempo de ida ((4.1)). Diz respeito ao tempo que o AGV demora, desde o

instante em que faz a entrega dos KITS completos (no local de aprovisionamento), até regressar ao armazém logístico e voltar a carregar novos KITS completos, iniciando desta forma um novo ciclo.

$$\text{Tempo de volta} = \text{tempo de ciclo} - \text{tempo de ida.} \quad (4.1)$$

É importante verificar, se o trajeto observado coincidiu com o horário de pausa dos trabalhadores, avaliando o seu impacto no tempo de ciclo do AGV. As observações são relativas a dois turnos de laboração: o turno da manhã e da tarde. Nestes períodos de trabalho, estão definidas as seguintes pausas dos trabalhadores:

**Tabela 4.1.** Período de pausa dos trabalhadores.

	Manhã		Tarde
<b>Período</b> [hh:mm:ss]	9:00:00 às 9:07:00	10:55:00 às 11:25:00	16:25:00 às 16:30:00
<b>Duração da paragem</b> [hh:mm:ss]	00:07:00	00:30:00	00:05:00

De notar que, essa pausa tem verdadeira relevância, quando o AGV se depara com alguma anomalia, no decorrer do seu normal funcionamento. Como por exemplo, a obstrução à passagem e a presença de zonas bloqueadas. Ainda assim, esse intervalo de tempo pode ser benéfico para o processo, caso o AGV se encontre num posto de carregamento (acabando por aproveitar a pausa, para a recarga das suas baterias) ou se encontre num período de normal circulação.

Numa segunda parte, pode-se encontrar o registo e interpretação dos dados, referentes às paragens efetuadas pelo AGV.

Como se sabe, cabe ao AGV realizar várias ações e intervir mediante possíveis interferências, ao longo do seu percurso. Em função disso, o AGV fica parado em vários locais do circuito, ficando imóvel até que se verifiquem as condições para que prossiga o movimento. O avanço pode estar relacionado com a resolução da anomalia, uma chamada forçada por parte do operador, o cumprimento de determinadas ações, etc.

Com vista a otimização do processo, é importante quantificar e avaliar a natureza dessas paragens. Posto isto, todas as paragens efetuadas pelo AGV, mediante os termos identificados anteriormente nos pressupostos, são contabilizadas. No momento em que se verifica a imobilização do AGV, inicia-se a contagem do tempo até que este volte a movimentar-se. Nesse período, é registado como se pode verificar na Figura 4.4, o código

que é apresentado no visor, o número de KITS a transporte e algumas notas. Essas notas, como o local da ocorrência ou a causa principal que conduziu à paragem do AGV, são obtidas através da interpretação da anomalia e da leitura feita às condições existentes. Se necessário acrescentar mais informação, essa é inserida no quadro de observações, como se verifica na Figura 4.5. O principal objetivo deste quadro, é esclarecer com detalhe as razões que levaram ao acontecimento da paragem, registar o que é observado e nomear possíveis soluções para o problema. As anomalias com maior evidência, são ilustradas com fotografias do instante da ocorrência, facilitando num momento posterior, a execução do plano de ações KAIZEN. É também o local apropriado, para indicar outros disfuncionamentos que ocorreram durante o circuito e aspetos a ter em conta na fase posterior de análise, de maneira a explicar possíveis dúvidas que possam surgir.

Seguimento de rota:						
Nº de intervenções	Código de anomalia	Interpretação	Tempo de paragens [hh:mm:ss]	Tempo de paragens [%]	Nº de KITS a transporte	Notas
1	86	Esperando o cumprimento das condições iniciais (entrada remota)	0:15:51	25%	3	Local de espera (entrega de KITS completos)
2	5	Anti Colisão com rearme automático	0:00:27	1%	3	AGV + KITS (HC DIR - passagem pelos carris) (1)
3	90	Em processo de recarga de baterias	0:08:57	14%	0	Posto de carregamento (espera por KITS vazios) (2)
4	86	Esperando o cumprimento das condições iniciais (entrada remota)	0:14:48	24%	4	Local de espera (entrega de KITS vazios) (3)
5	45	Não é detetada corrente durante uma recarga das baterias	0:03:53	6%	0	Posto de carregamento (espera por KITS completos)
<b>TOTAL</b>			<b>0:43:56</b>	<b>71%</b>		

Figura 4.4. Dados obtidos no decorrer da observação.

Observações:
(1) AGV da frente (HC DIR (1637)) parado já há algum tempo, devido a falha do AGV (HC DIR (1825)) que parou ao atravessar os carris. -> Intervenção do monitor -> Com foto;
(2) Com KITS disponíveis para transporte. -> Verifica-se o acumular de KITS vazios e a demora na ordem de avanço ao AGV. Também não é verificado o acoplamento entre os KITS e na ligação dos mesmos com o AGV;
(3) AGV a transportar 4 KITS no regresso ao picking.

Figura 4.5. Notas relativas à observação.

Após a introdução do código de anomalia na tabela de “Seguimento de rota” (Figura 4.4), é gerado de forma automática a sua interpretação, com base na lista de códigos que se encontra presente no ANEXO B.

O momento da entrega de KITS completos, no local de aprovisionamento, é um ponto crucial do circuito. Posto isto, de maneira a caracterizar as paragens efetuadas durante o trajeto de ida e as que dizem respeito ao trajeto de volta, identificou-se através do limite horizontal a tracejado, como se pode ver na Figura 4.4.

A soma do tempo de paragens, até ao limite a tracejado (intervenção número 1 e 2) diz respeito às paragens efetuadas pelo AGV durante o tempo de ida, até ao momento de entrega dos KITS completos. A soma do tempo de paragens, depois do limite a tracejado (intervenção número 3, 4 e 5) corresponde às paragens efetuadas pelo AGV, durante o tempo de volta.

No final da tabela, tem-se o tempo total de paragens efetuado pelo AGV, isto é, o tempo que o AGV se encontra imobilizado em toda a observação e que corresponde ao somatório dos tempos das várias paragens efetuadas.

Os valores que se encontram em percentagem, são referentes ao tempo de paragem em causa, relativamente ao tempo de ciclo. Ou seja, durante a observação, o AGV esteve parado 0:43:56 [hh:mm:ss], que corresponde a 71% do tempo de ciclo efetuado.

Conforme a inserção dos dados referentes às paragens na tabela de “Seguimento de rota” (Figura 4.4), é preenchida de forma automática, a tabela que se encontra na Figura 4.6.

Código	Interpretação	Ocorrência (Tempo de paragens) [%]	Ocorrência (Tempo de ciclo) [%]
1	Botão de emergência Ativo	0%	0%
2	Parado à espera de rearme	0%	0%
4	Anti Colisão com necessidade de rearme	0%	0%
5	Anti Colisão com rearme automático	1%	1%
6	Nível de bateria fraca	0%	0%
8	Anti colisão (redução de velocidade)	0%	0%
33	Erro na deteção da guia magnética	0%	0%
45	Não é detetada corrente durante uma recarga das baterias	9%	6%
81	Esperando o cumprimento das condições iniciais (entrada AGV)	0%	0%
82	Aguardando permissão do controlador de tráfego	0%	0%
86	Esperando o cumprimento das condições iniciais (entrada remota)	70%	49%
90	Em processo de recarga de baterias	20%	14%
102	Error Flexi 2 (erro na comparação de velocidade)	0%	0%

**Figura 4.6.** Valores de ocorrência do código de anomalia apresentado pelo AGV.

Como a lista de códigos de anomalia é bastante extensa, decidiu-se apresentar na Figura 4.6. aqueles que surgem com mais frequência no AGV. Essa tabela contém os valores, em percentagem, da ocorrência de determinado código de anomalia ou estado (apresentado no visor do AGV), em função do tempo de paragens e do tempo de ciclo efetuado pelo AGV.

Pode-se constatar, que são bastantes as causas que originam as paragens do AGV: esperas para entrega de KITS, cumprimento de ações planeadas, o processo de carga das baterias, irregularidades presentes no decorrer do circuito, aguardar permissão para transpor zonas de cruzamento, etc. A lista de códigos presente no ANEXO B, relativamente

ao estado ou tipo de anomalia presente no decorrer do funcionamento, também é relativamente extensa.

Surgiu assim, a necessidade de classificar os vários períodos que constituem o tempo de ciclo do AGV, em especial, as paragens efetuadas pelo mesmo, tendo em conta o seu contexto e relevância no processo.

- **Tempo de ciclo base:**

Entende-se como o tempo de ciclo ideal efetuado pelo AGV. Como se este, em todo o percurso efetuado, não encontrasse qualquer obstáculo. Este tempo, é calculado com base na expressão:

$$\text{Tempo de ciclo base} = \text{Tempo de ciclo TOTAL} - \text{Tempo TOTAL Paragens.} \quad (4.2)$$

No tempo de ciclo base, já se encontram contabilizadas as chamadas micro paragens.

- **Micro paragens:**

São paragens cujo o tempo de imobilização é inferior a 10 segundos. Dado a sua dificuldade de medição, em ambiente reais, estas paragens não serão objeto de estudo. Já se encontram contabilizadas no tempo de ciclo base.

Na generalidade, este tipo de paragens verifica-se em casos de obstrução momentânea à passagem do AGV, como a passagem de peões à frente deste, ou pequenas falhas no traçado da banda magnética.

- **Paragens inevitáveis:**

Face ao processo que está atualmente implementado, estas paragens são essenciais para o correto funcionamento da linha de montagem.

Incluem-se neste tipo de paragens, as seguintes situações:

- O AGV aguarda a permissão de passagem, nas condições que foram planeadas para o processo. Verifica-se nos cruzamentos, quando o AGV apresenta o COD 86 ou COD 05 (caso se encontre atrás de outro AGV) e em semáforos, apresentando o COD 82;
- Passagem do AGV SMART CART e OMNIBOT;
- Processo de troca de KITS nos locais de preparação, apresentando o AGV o COD 86. Referente aos percursos (PQB, PLC e PAV).

- **Paragens inesperadas:**

Não é possível prever o momento do seu acontecimento. No entanto, são conhecidas as causas que levam a este tipo de paragens, permitindo que estas sejam reduzidas ou até mesmo arranjar forma de as evitar.

Como exemplo tem-se:

- Paragens de emergência (COD 01);
- Evitar colisões com obstáculos ou pessoas (COD 05);
- Falha no processo de carregamento (COD 45);
- Falha na deteção da banda magnética, causado pela falta desta ao longo do circuito (COD 33). Na maioria dos casos, esta paragem é considerada como micro paragem (já abordada anteriormente), dado a capacidade do AGV para procurar e se posicionar na banda de forma automática. Para tal, é necessário que a banda possua uma largura mínima de 20mm e um comprimento máximo da rotura de 50mm, segundo o fabricante do AGV [25]. No entanto, caso a falha seja significativa, é necessário a intervenção de um operador, para que reposicione o AGV novamente no percurso e que alerte a manutenção para recolocar a banda no local, caso contrário a anomalia vai persistir nos ciclos seguintes.
- Erro na comparação de velocidade, quando as rodas motrizes ficam a patinar (COD 102). Verifica-se sobretudo na presença de objetos de pequena dimensão (nomeadamente parafusos) por baixo do AGV, que impedem o seu movimento.
- AGV prestes a ficar sem bateria (COD 06). O AGV fica imobilizado no local de ocorrência da anomalia, sendo necessário a intervenção de um operador, para que o coloque num posto de carga destinado para o efeito.

- **Paragens suscetíveis de análise:**

Todas estas paragens, são suscetíveis de otimização. Na generalidade dos casos, estão relacionadas com anomalias de processo e tempo de espera excessivos. São um forte indicador, para dimensionamento imperfeito do circuito.

Incluem-se as situações:

- Cruzamentos com zonas bloqueadas (COD 86) ou a detecção de AGVs parados devido a este problema (COD 05). As causas do bloqueio são: avarias de AGVs no local, congestionamento entre AGVs ou então a existência de algum AGV, que no final da sua passagem, não comunique a libertação da mesma. Em qualquer dos casos, a resolução passa sempre pelo RESET da *Traffic Box* respetiva;
- Locais definidos para espera (COD 86);
- Detecção de AGVs em postos de carregamento e locais de espera COD 05;
- Pára-arranca constante em locais de entrega de KITS, quando AGV tem de evitar a colisão durante o processo de entrega de KITS (COD 05);
- Paragens forçados pelo operador, com vista a solucionar temporariamente outros problemas. O AGV é imobilizado no local, através das várias formas possíveis: o operador desliga e volta a ligar logo de seguida, ficando o AGV parado à espera de rearme (COD 02), através do acionamento da emergência (COD 01), ou até com a colocação de objetos à frente do dispositivo de segurança (COD 05). De salientar que o AGV fica imobilizado no local, até que as ações impulsionadas sejam revertidas por um operador, o que em situações de descuido, pode levar à criação de novos problemas aos AGVs que se seguem.

- **Paragens para carregamento:**

Paragem imprescindível para o bom funcionamento do AGV, onde tem a oportunidade de realizar a recarga das suas baterias (COD 90). Para isso, é necessário que o AGV se encontre num posto de carregamento, que se verifique a transferência da corrente elétrica entre o posto de carga e o AGV, e que exista tempo disponível para a realização do processo. Os postos de carregamento, estão na maioria dos casos situados em locais de espera de KITS para transporte. Algumas perturbações, podem ter influência direta na duração do processo, como é o caso dos atrasos da linha de produção, pausas dos trabalhadores, demora na ordem de avanço do AGV por parte do operador de posto, etc.

Procede-se então ao tratamento dos dados, já inseridos na tabela de “Seguimento de rota” (Figura 4.4), para que seja possível a sua análise. Esses tempos são agrupados mediante a classificação adotada, na tabela de “Tratamento de dados” (Figura 4.7).

Tratamento de dados:					
Intervalo de tempo	Atual			Proposto	
	Observado [hh:mm:ss]	Com pausa identificada [hh:mm:ss]	[%]	[hh:mm:ss]	[%]
Ciclo base	0:18:14	0:18:14	29%	0:18:14	29%
Paragens inevitáveis	0:00:00	0:00:00	0%	0:00:00	0%
Paragens inesperadas	0:04:20	0:04:20	7%	0:00:52	1%
Paragens suscetíveis de análise	0:30:39	0:30:39	49%	0:06:08	10%
Carregamento	0:08:57	0:08:57	14%	0:08:58	14%
<b>TOTAL PARAGENS</b>	0:43:56	0:43:56	71%	0:15:58	26%
<b>TOTAL</b>	1:02:10	1:02:10	100%	0:34:12	55%

Figura 4.7. Tratamento dos dados obtidos da observação.

Para cada célula da coluna, referente ao intervalo de tempo atual observado, somam-se todos os tempos que se enquadram na classificação. As células que necessitam de preenchimento, são as referentes às paragens inevitáveis, inesperadas e as suscetíveis de análise. Todas as restantes respetivamente à coluna em questão, são obtidas de forma automática.

Já a coluna referente ao intervalo de tempo atual, com pausa identificada, foi criada com o intuito de identificar a pausa dos trabalhadores. Estas pausas na laboração, definidas logo à partida no cabeçalho (Figura 4.3), constituem um direito dos trabalhadores, sendo consideradas como inevitáveis durante o processo. No entanto é importante verificar o momento da sua ocorrência, de modo a avaliar a verdadeira influência nas paragens efetuadas pelo AGV. Esse período, pode também ser encontrado no cabeçalho (Figura 4.3), a par do valor da sua duração.

Ao se verificar que a pausa ocorre no período de paragem do AGV, a duração correspondente a essa pausa deve ser subtraída ao valor da paragem, pois a produção também é interrompida nesse período. Isto é, supondo que o AGV, no decorrer da observação, executa uma paragem no local de espera para entrega de KITs completos, de 45 minutos. No entanto, essa paragem decorreu em período de almoço, ou seja, de acordo com o período de pausas definidos na tabela de “Tratamento de dados”, houve 30 minutos dessa paragem que a produção foi interrompida, dado que os trabalhadores estavam ausentes para almoço. Pode-

se concluir que, dos 45 minutos referentes à paragem, considerada como suscetível de análise (paragem em local de espera para entrega), 30 minutos são inevitáveis para o processo e os restantes 15 minutos, o valor do tempo que deve ser considerado para análise.

A separação destes valores, é efetuada nas células referentes à da coluna do intervalo de tempo atual com pausa identificada. Apesar do processo parecer complexo à primeira vista, todo ele é auxiliado por comentários.

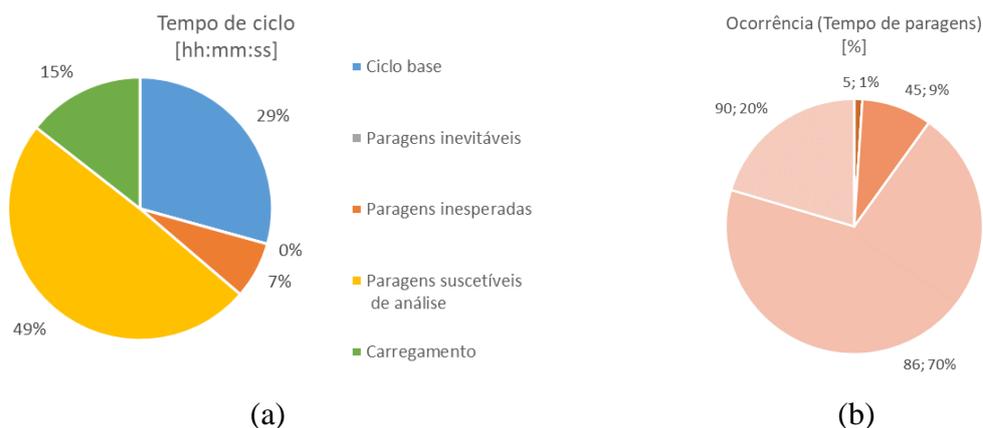
Se durante a observação, não se verificar a existência dessas pausas, os valores desta coluna, correspondem na totalidade aos valores da coluna da esquerda, referente ao intervalo de tempo atual observado.

Toda a análise posterior efetuada ao circuito, tem por base os tempos atuais, já com o valor da pausa identificada.

Os valores que constam na coluna referente ao intervalo de tempo proposto, serão abordados mais à frente, quando se analisar a totalidade das observações.

Avaliando as paragens presentes, pode-se concluir que na teoria, as consideradas inesperadas e as suscetíveis de análise, são passíveis de otimização, sendo as que merecem especial importância no âmbito de estudo.

Com base na classificação feita, construíram-se os vários gráficos a seguir apresentados.



**Figura 4.8.** (a) Distribuição dos vários períodos, que constituem o tempo de ciclo do AGV; (b) Valores de ocorrência dos códigos de anomalia, em função do tempo de paragem.

A partir do gráfico (a) da Figura 4.8, verifica-se para a observação em causa, que apenas 29% do tempo de ciclo, corresponde ao movimento do AGV e o restante 71%, ao

tempo em que este se encontra parado. O código que é apresentado mais vezes, por parte do AGV, durante as paragens é o COD 86 (Figura 4.8 (b)). Este valor, deve-se sobretudo a paragens em locais de espera, seja esta para entrega de KITs completos ou vazios.

#### 4.2.2. Resultados do percurso HC ESQ

No final do registo de todas as observações, apresenta-se a análise geral e os resultados de todo o percurso.

##### 4.2.2.1. Controlo das Observações

Logo de início, na tabela referente ao “Número de observações realizadas” (Figura 4.9), é feito o controlo das observações realizadas, aos vários AGVs do percurso. À medida que se introduz o número dos AGVs no ativo, referentes ao percurso em questão, é dado o número de observações que constam na folha de cálculo, relativamente a esse AGV, o número total de AGVs existentes e de observações realizadas.

Número de observações realizadas:			
Nº AGV	1639	1839	2178
Nº de observações realizadas por AGV	3	3	3
Nº Total de AGVs:		3	
Nº Total de Observações:		9	

Figura 4.9. Controlo de observações efetuadas.

##### 4.2.2.2. Necessidades

As necessidades para cada setor de produção, variam em função do número de AGVs a circular em cada percurso e do número de KITs estabelecido para o transporte em cada AGV. Estes parâmetros, já se encontram definidos na empresa, sendo fornecidos no momento da apresentação do problema.

Já a identificação do *Takt Time*, relativo a cada KIT, foi feita através da leitura do intervalo de tempo que se encontra definido nos transportadores. Esse intervalo é um tempo ótimo, calculado com base nos objetivos de produção e na carga de trabalho em cada posto. De forma geral, traduz a cadência de produção em cada setor.

De referir que os transportadores, são os meios que executam as deslocações dos veículos (na linha de montagem) e preparações (nas zonas de preparação) entre as várias fases de produção.

Na Figura 4.10, pode ser visto os valores necessários relativamente ao tempo de ciclo, tendo em conta os objetivos de produção.

Necessidades:		
Takt Time por KIT (linha): [hh:mm:ss]		0:03:48

Atual		
Nº de AGVs	Nº de KITS [unidade]	Tempo de ciclo necessário: [hh:mm:ss]
3	3	0:34:12
1	3	0:11:24

Figura 4.10. Tempo necessário para o aprovisionamento.

A expressão que permite o cálculo do tempo de ciclo é a seguinte:

$$\text{Tempo de ciclo necessário} = \text{Nº de AGVs} \times \text{Nº de KITS definido para transporte} \times \text{Takt Time por KIT.} \quad (4.3)$$

#### 4.2.2.3. Eficácia de entrega

Na Figura 4.11, está presente os valores médios da eficácia teórica de entrega, relativamente ao total de observações efetuadas.

Eficácia teórica	Atual			Proposto	
	Observado [%]	Com pausa [%]	[Observações]	[%]	[Observações]
Taxa de sucesso	0%	0%	0 em cada 9	100%	9 em cada 9
Taxa de insucesso	100%	100%	9 em cada 9	0%	0 em cada 9

Figura 4.11. Valores médios para a eficácia teórica de entrega.

Para cada observação, o cálculo das taxas de sucesso e insucesso, é feito da seguinte forma:

- No caso da taxa de sucesso:
 
$$\text{Se, Tempo de ciclo observado} \leq \text{Tempo de ciclo necessário} \\ \Rightarrow \text{Taxa de sucesso} = 100\%. \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Se, Tempo de ciclo observado} > \text{Tempo de ciclo necessário} \\ \Rightarrow \text{Taxa de sucesso} = 0\%. \end{aligned} \quad (4.5)$$

- Quanto à taxa de insucesso:

$$\text{Taxa de insucesso [\%]} = 1 - \text{Taxa de sucesso}. \quad (4.6)$$

Estes valores são apresentados em formato gráfico, como se pode ver na Figura 4.12, possibilitando uma análise rápida, com um maior impacto visual.



Figura 4.12. Eficácia teórica de entrega, com base nas observações realizadas.

#### 4.2.2.4. Proposta de melhoria

Está-se em condições de apresentar a Figura 4.13, onde se encontra a tabela referente aos valores médios, de todas as observações efetuadas, sendo o preenchimento das suas células composto de forma automática.

Intervalo de tempo médios	Tratamento de dados:				
	Atual			Proposto	
	Observado [hh:mm:ss]	Com pausa identificada [hh:mm:ss]	[%]	[hh:mm:ss] (comparação com o atual)	[%]
Ciclo base	0:15:31	0:15:31	27%	0:15:31	27%
Paragens inevitáveis	0:00:20	0:02:14	4%	0:02:14	4%
Paragens inesperadas	0:03:23	0:02:50	5%	0:00:34	1%
Paragens suscetíveis de análise	0:29:55	0:28:35	50%	0:05:43	10%
Carregamento	0:07:56	0:07:56	14%	0:10:10	18%
<b>TOTAL PARAGENS</b>	0:41:34	0:41:34	73%	0:18:41	33%
<b>TOTAL</b>	0:57:05	0:57:05	100%	0:34:12	60%

Figura 4.13. Tratamento de dados, para o total das observações efetuadas.

O propósito principal do tempo de ciclo proposto, que se tem vindo a observar nas tabelas, é simular o possível impacto da redução de paragens, que constituem um desperdício ao processo. Caracteriza-se por uma visão otimista do problema, que ainda assim é bastante válida, pois todas as paragens inseridas neste plano de redução, são passíveis de

otimizar e até mesmo de evitar. É uma forma de visualizar a evolução esperada do processo, sem alterar a quantidade de equipamentos existentes.

Nas tabelas relativas ao tratamento de dados, ilustradas na Figura 4.7 e Figura 4.13, são as paragens inesperadas, suscetíveis de análise e o tempo de carregamento que sofrem esta alteração. A alteração é em função da proposta de melhoria, inserida na tabela da Figura 4.14, relativa à redução de paragens a realizar. Essa proposta de melhoria pode ser alterada a qualquer momento, verificando-se as mudanças em toda a folha de forma automática. Analisando o exemplo, para uma proposta de redução de 80% das paragens, verifica-se uma diminuição no tempo de ciclo, face ao observado, de 40% e um aumento do tempo de carregamento das baterias de 4%.

Proposta de melhoria:	
Redução paragens: [%]	80%
Varição no tempo de carregamento: [%]	4%
Redução TOTAL: [%]	40%

**Figura 4.14.** Proposta de melhoria.

O gráfico da Figura 4.15, ilustra esta mudança entre o atual e o proposto. Neste gráfico, de acordo com o valor proposto para a redução, que no caso foi de 80%, verifica-se uma diminuição das paragens inesperadas de 0:02:50 [hh:mm:ss] para 0:00:34 [hh:mm:ss] e das paragens suscetíveis de análise de 0:28:35 [hh:mm:ss] para 0:05:43 [hh:mm:ss]. O valor que resta para completar o tempo de ciclo necessário, é atribuído ao tempo de carregamento, verificando-se ainda um aumento dos 0:07:56 [hh:mm:ss], para os 0:10:10 [hh:mm:ss].

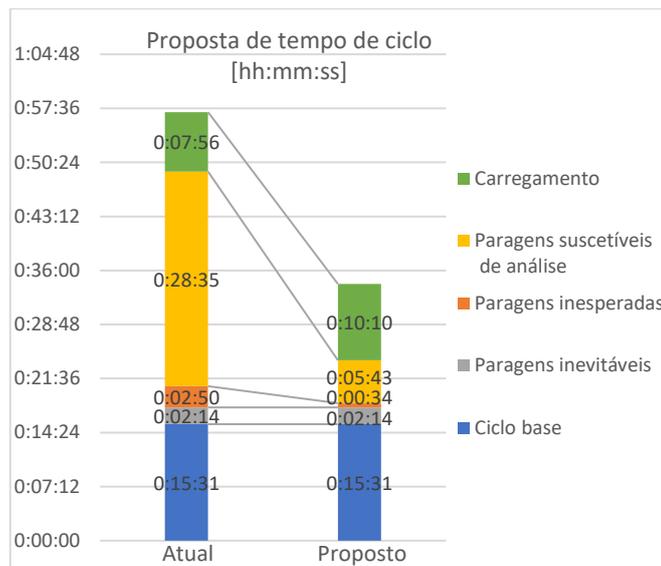


Figura 4.15. Comparação do tempo de ciclo atual (observado) com o tempo de ciclo proposto.

O método de cálculo que traduz esta melhoria no tempo de ciclo proposto, verificado nas tabelas ilustradas na Figura 4.7 e Figura 4.13, é o seguinte:

- No caso das paragens inesperadas e suscetíveis de análise:

$$\text{Paragem após otimização} = (1 - \text{Valor proposto de redução}) \times \text{Tempo de paragem observado com pausa identificada.} \quad (4.7)$$

Analise-se o cálculo médio da paragem suscetível de análise, com a pausa dos trabalhadores identificada. Este, está indicado na tabela referente tratamento de dados, para o total das observações efetuadas (Figura 4.13) com o valor de 0:28:35 [hh:mm:ss]. A sua paragem após a otimização corresponde a 20% deste valor, ou seja 0:05:43 [hh:mm:ss].

- Para o tempo de carregamento:

$$\begin{aligned} & \text{Se, } (\text{Tempo de ciclo base} + \text{Tempo de paragens inevitáveis} + \\ & \text{Tempo de paragens inesperadas} + \\ & \text{Tempo de paragens suscetíveis de análise}) \geq \\ & \text{Tempo de ciclo necessário} \\ & \Rightarrow \text{Tempo de carregamento} = 0. \end{aligned} \quad (4.8)$$

$$\begin{aligned} & \text{Se, } (\text{Tempo de ciclo base} + \text{Tempo de paragens inevitáveis} + \\ & \text{Tempo de paragens inesperadas} + \\ & \text{Tempo de paragens suscetíveis de análise}) < \\ & \text{Tempo de ciclo necessário} \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$\Rightarrow \text{Tempo de carregamento} = \text{Tempo de ciclo necessário} - (\text{Tempo de ciclo base} + \text{Tempo de paragens inevitáveis} + \text{Tempo de paragens inesperadas} + \text{Tempo de paragens suscetíveis de análise}).$$

Ou seja, de acordo com o exemplo ilustrado, pela análise da tabela referente tratamento de dados, para o total das observações efetuadas (Figura 4.13), verifica-se que a soma referente ao tempo de ciclo base e o tempo das paragens inevitáveis, inesperadas e suscetíveis de análise, corresponde a 0:24:02 [hh:mm:ss] e o tempo de ciclo necessário, de acordo com a tabela das necessidades para o aprovisionamento dos KITS (Figura 4.10), é de 0:34:12 [hh:mm:ss]. Como o valor referente à soma, é menor que o tempo de ciclo necessário, o valor da paragem para carregamento é calculado de acordo com a equação ((4.9)). Tem-se então 0:10:10 [hh:mm:ss], como tempo disponível para o carregamento das baterias, um aumento de 4% (Figura 4.14), relativamente ao valor anterior 0:07:56 [hh:mm:ss].

Desta forma, entende-se que a diminuição das paragens, além de permitir atingir os objetivos para o aprovisionamento de KITS, pode beneficiar o tempo de recarga das baterias.

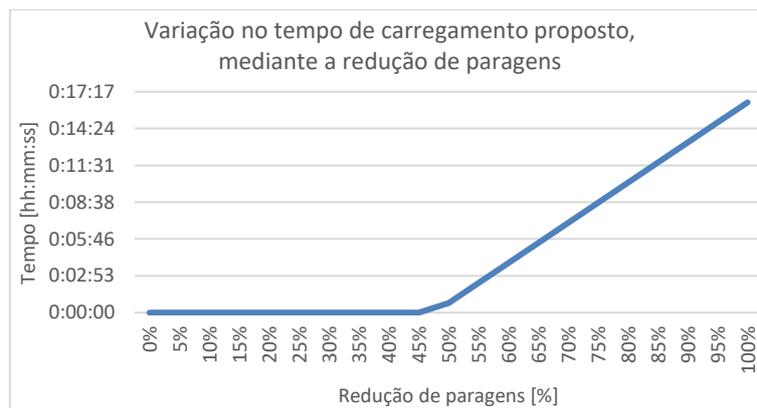
#### **4.2.2.5. Tempo de carregamento**

O tempo disponível para a recarga das baterias, é um aspeto bastante importante, em todo o processo de entrega, na medida em que, um tempo de carga ótimo evita a interrupção da atividade dos AGVs por falta de autonomia. Este disfuncionamento, foi observado um pouco por todos os percursos, durante o período de estágio. Como já explicado anteriormente, quando o AGV está prestes a ficar sem bateria, apresenta o COD 06 e fica imobilizado no local. Para resolver o problema, é necessária a intervenção por parte de um operador, forma a deslocá-lo para junto de uma tomada elétrica dedicada ao carregamento manual das baterias. Até que tal não se verifique, esta anomalia além de prejudicar o circuito em causa, visto que é menos um AGV a laborar e não existe AGVs de reserva para colmatar a falha, prejudica também a movimentação de AGVs que utilizam o mesmo troço, onde se verificou a ocorrência.

Segundo a ASTI, a empresa que fabrica o AGV, este deve permanecer um tempo mínimo de 1,5 minutos (00:01:30 [hh:mm:ss]), no posto de carregamento. Deste modo, o dimensionamento para este tipo de circuitos, é feito da seguinte forma: Em cada 4 minutos de funcionamento, o AGV deve dedicar 1,5 minutos ao carregamento das suas baterias. Isto é, o tempo de carga das baterias, deve corresponder a 38% do tempo de ciclo efetuado pelo AGV.

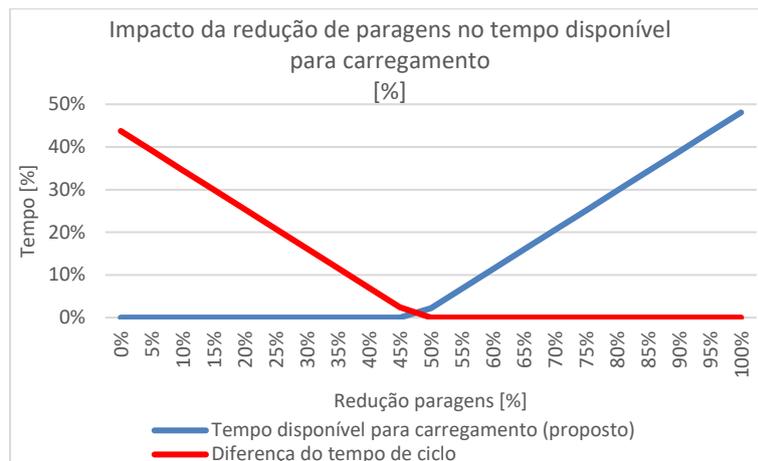
De acordo com as observações efetuadas, para um tempo de ciclo registado de 0:57:05 [hh:mm:ss] o tempo de carregamento aconselhável pelo fabricante seria de 0:21:42 [hh:mm:ss]. Tal não se verifica, dado que o tempo médio observado para o carregamento é de apenas 0:7:56 [hh:mm:ss].

Analise-se então os gráficos ilustrados na Figura 4.16 e Figura 4.17, que relatam a variação do tempo disponível para o carregamento das baterias, mediante uma diminuição das paragens.



**Figura 4.16.** Variação no tempo de carregamento proposto, mediante a redução de paragens.

Analisando o gráfico da Figura 4.16, verifica-se que há um aumento do tempo disponível para carregamento das baterias, a partir de uma redução de paragens de cerca de 50%. Esse tempo de carregamento, atinge um máximo de 00:16:27 [hh:mm:ss], caso se verifique uma eliminação completa das paragens.



**Figura 4.17.** Impacto da redução de paragens no tempo disponível para carregamento.

Já a leitura do gráfico da Figura 4.17, permite constatar que, quando a diferença do tempo de ciclo entre proposto e atual é nula, verifica-se o uma variação crescente do tempo disponível para carregamento.

De salientar que, só para valores de redução próximos dos 90%, é que se atingia os 38% de tempo disponível para o carregamento das baterias, aconselhado pelo fabricante.

#### 4.2.2.6. Códigos de anomalia

Nesta análise final, consta também os valores médios de ocorrência, relativos aos códigos de anomalia apresentados pelos AGVs, no momento das paragens.

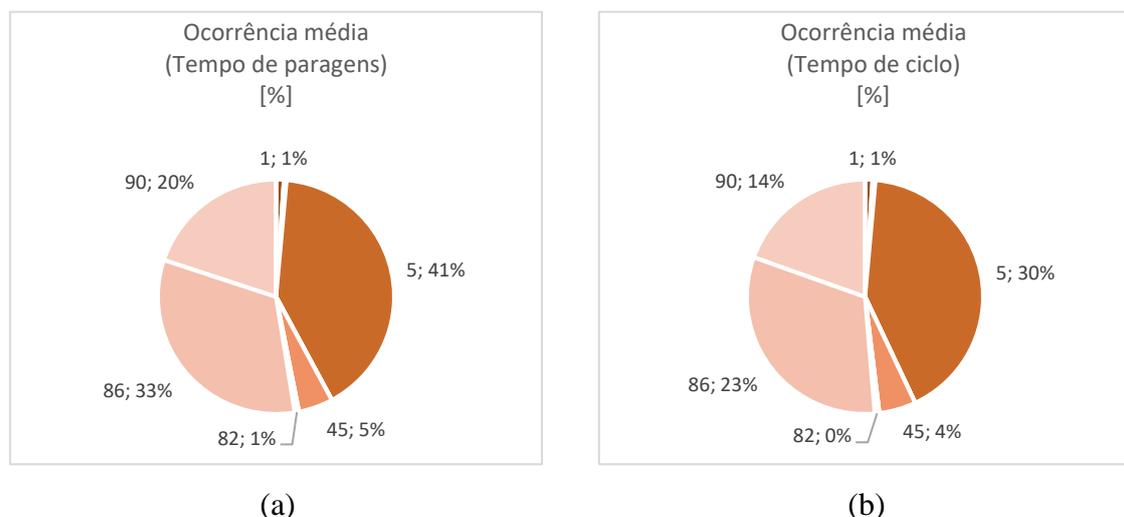
Como se pode ver na tabela apresentada na Figura 4.18, os códigos que se destacam são o 05 e o 86, sendo responsáveis respetivamente, por 41% e 33% do tempo de paragens efetuado pelo AGV. Ou seja, em 41% das paragens registadas, a causa deve-se a algo que se opôs ao movimento do AGV e em 33% das vezes, o AGV encontrou-se parado a aguardar um sinal de avanço remoto, relacionado com o cumprimento de determinadas condições. Esta paragem, típica de cruzamentos e locais de espera, na qual o AGV indica o código 86, é essencial para o bom funcionamento, contudo o tempo excessivo que se verifica, sugere a presença de irregularidades no processo.

Código	Interpretação	Ocorrência média (Tempo de paragens) [%]	Ocorrência média (Tempo de ciclo) [%]
1	Botão de emergência Ativo	1%	1%
2	Parado à espera de rearme	0%	0%
4	Anti Colisão com necessidade de rearme	0%	0%
5	Anti Colisão com rearme automático	41%	30%
6	Nível de bateria fraca	0%	0%
8	Anti colisão (redução de velocidade)	0%	0%
33	Erro na deteção da guia magnética	0%	0%
45	Não é detetada corrente durante uma recarga das baterias	5%	4%
81	Esperando o cumprimento das condições iniciais (entrada AGV)	0%	0%
82	Aguardando permissão do controlador de tráfego	1%	0%
86	Esperando o cumprimento das condições iniciais (entrada remota)	33%	23%
90	Em processo de recarga de baterias	20%	14%
102	Error Flexi 2 (erro na comparação de velocidade)	0%	0%
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>72%</b>

**Figura 4.18.** Valores médios de ocorrência do código de anomalia apresentado pelo AGV.

Ainda assim, é importante salientar a ocorrência dos códigos 90 e 45. O código 90, referente ao processo de recarga das baterias, corresponde a 14% do tempo de ciclo médio observado. Em contrapartida, o código 45, com um valor de 4%, está associado à falha desse processo, não sendo concretizada a ligação elétrica entre o posto de carregamento e o AGV. No conjunto, estes códigos traduzem o tempo de paragem que o AGV dispõe em locais destinados ao carregamento das baterias. Contudo, não é certo que o processo de carregamento se confirme.

Na folha de cálculo, estes valores são também apresentados em formato gráfico (Figura 4.19), para que seja mais fácil a sua leitura.



**Figura 4.19.** (a) Valores médios de ocorrência dos códigos de anomalia, em função do tempo de paragem; (b) Valores médios de ocorrência dos códigos de anomalia, em função do tempo de ciclo.

#### 4.2.2.7. AGVs necessários

Quando se implementa um AGV, como equipamento de aprovisionamento ao bordo de linha, é necessário definir uma rota, com o fluxo de ações a executar e identificar qual o AGV que melhor se enquadra às necessidades de funcionamento.

Em situações ideais, na ausência de constrangimentos, sabendo a velocidade que o AGV se desloca e o comprimento total do circuito, é possível determinar o número mínimo de AGVs necessários. Já num caso real, é necessário considerar outras variáveis, possíveis interações (pessoas, outros tipos de veículos e até outros AGVs), avaliar a área disponível e as condições de movimentação, definir zonas para colocação dos postos de carregamento, avaliar a necessidade de criação de locais de espera, verificar possíveis zonas de cruzamento, semáforos, zonas comuns com outros circuitos, entre outros.

A equação que permite calcular o número mínimo de AGVs necessários, com base no estudo efetuado é a seguinte:

$$N^{\circ} \text{ mínimo de AGVs necessário} = \frac{\text{Tempo médio de ciclo observado}}{N^{\circ} \text{ KITs definido para transporte} \times \text{Takt Time por KIT}} \quad (4.10)$$

Desta forma, introduz-se então a tabela representada na Figura 4.20, onde se faz uma comparação entre os tempos de ciclo e número mínimo de AGVs necessários.

Tempo de Ciclo:			
Necessário [hh:mm:ss]	Real [hh:mm:ss]	Base [hh:mm:ss]	Proposto [hh:mm:ss]
0:34:12	0:57:05	0:15:31	0:34:12
Comparação com o necessário:			
Diferença no tempo de ciclo: [hh:mm:ss]	0:22:53	#####	0:00:00
Diferença no tempo de ciclo: [%]	67%	-55%	0%
Comparação com atual:			
Nº Mínimo de AGVs necessários	5,01	1,36	3
	6	2	3

Figura 4.20. Análise comparativa para os diferentes tempos de ciclo.

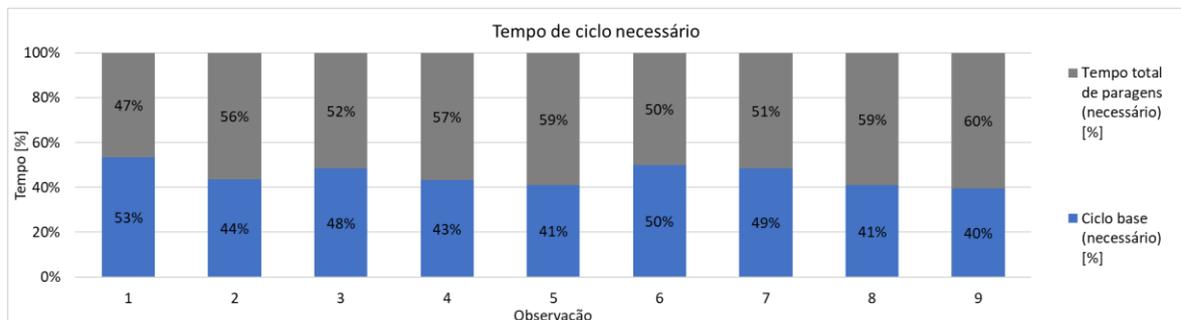
O tempo de ciclo real observado, é 67% superior ao tempo de ciclo necessário. Através da equação ((4.10)) demonstra-se que, para o sistema funcionar nestas condições são necessários 6 AGVs a laborar no circuito, 3 a mais que os definidos atualmente. Este número transmite a realidade observada, revelando um pouco a gravidade dos problemas existentes.

Atendendo à ((4.10)), pode-se constatar que o número de KITs definido para transporte é um fator bastante relevante. Dos parâmetros que constam na equação, este pode ser facilmente alterado, se não existir nenhum entrave ao nível do excesso de carga a transporte e áreas de circulação. O aumento deste número, pode ser benéfico, pois suscita a diminuição do número de AGVs necessários.

É também essencial, olhar para o tempo de ciclo base observado e o proposto (Figura 4.20).

Quanto ao tempo de ciclo base observado, que corresponde ao funcionamento em contínuo do AGV, é 55% inferior ao tempo de ciclo necessário. Estes 55% são indicadores do tempo disponível, relativamente ao tempo de ciclo necessário, para paragens que o AGV tenha que efetuar ao longo do percurso, sejam essas inevitáveis ao sistema (cruzamentos, semáforos), para recarga das baterias ou até possíveis anomalias que possam ocorrer, pois trata-se de um ambiente real de funcionamento.

O gráfico ilustrado na Figura 4.21, pode ajudar a compreender como se chegou a esta conclusão, com base nas observações efetuadas. Contém o tempo de ciclo base para as observações efetuadas e o tempo restante, correspondente ao tempo disponível para paragens, de modo a atingir o tempo de ciclo necessário.



**Figura 4.21.** Tempo de ciclo necessário considerando o tempo de ciclo base observado e o tempo total de paragens disponíveis.

#### 4.2.2.8. Conclusões do percurso HC ESQ

De seguida, verifica-se a ilustração gráfica de todo o conjunto de dados, obtido no decorrer das observações, simplificando o trabalho de análise e a melhor perceção do problema. Nos próximos gráficos, tem-se no eixo horizontal, a totalidade de observações

efetuadas com a sua identificação respetiva e no eixo vertical, o valor referente ao intervalo de tempo, no formato [hh:mm:ss], que é utilizado em todo documento.

Pela a análise do gráfico ilustrado na Figura 4.22, verifica-se que, na totalidade das observações, grande parte do tempo de ciclo efetuado pelo AGV neste percurso, diz respeito a paragens efetuadas pelo mesmo. Estas, de acordo com a tabela de tratamento de dados, para o total das observações efetuadas (Figura 4.13), correspondem a 73% do tempo médio ciclo efetuado pelo AGV.

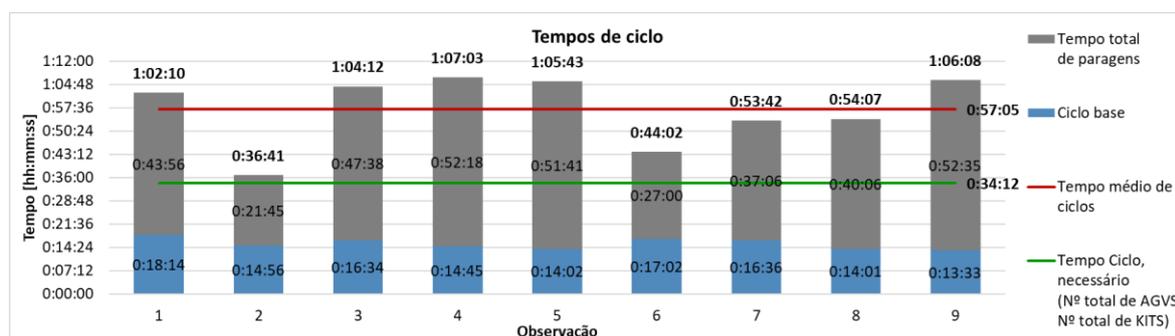


Figura 4.22. Tempos de ciclo observados.

Quanto ao tempo de ciclo base, verifica-se que há uma diferença de 0:04:41[hh:mm:ss], entre o seu registo mínimo observado, de 0:13:33 [hh:mm:ss] e o máximo observado de 0:18:14 [hh:mm:ss]. Esta diferença é explicada pelo facto do AGV estar em constante interação com os elementos externos, adequando por diversas vezes a sua velocidade e efetuando pequenas paragens ao longo do circuito. Tal como explicado anteriormente, o tempo destas micro paragens já está incluído no tempo de ciclo base. Dado que a sua ocorrência é um pouco incerta, pois depende da condição da banda magnética ou a obstrução momentânea do AGV, pode ajudar a entender esta variação.

O gráfico ilustrado na Figura 4.23, tem presente os valores para cada divisão do tempo de ciclo, efetuada de acordo a classificação adotada. De notar que, em nenhuma das observações registadas, se verificou o cumprimento do tempo de ciclo necessário, estando todos os tempos registados acima deste valor. Este facto, já foi também abordado, no momento de análise da eficácia de entrega. Percebe-se também que as paragens assinaladas a amarelo, classificadas como suscetíveis de análise, são as que têm maior relevância em todo o tempo de ciclo.

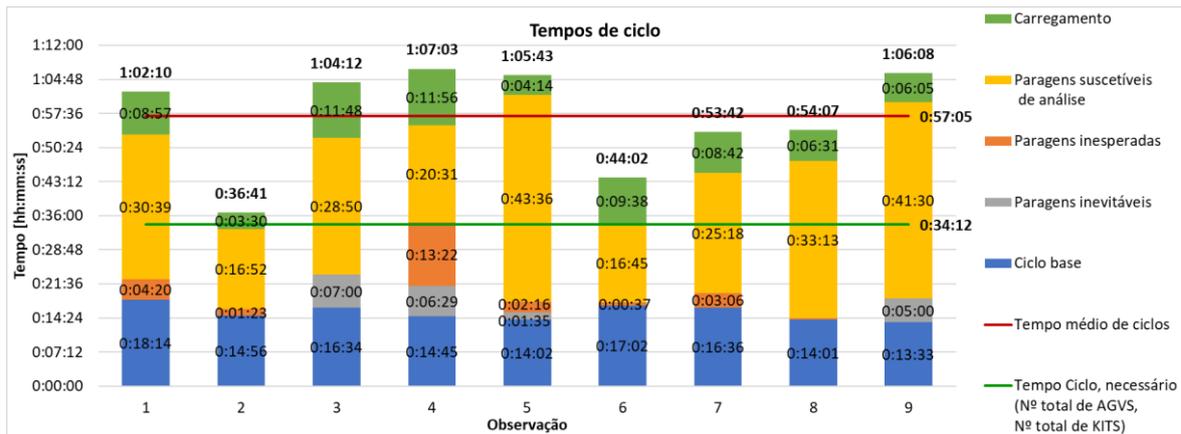


Figura 4.23. Tempo de ciclo observado com a classificação dos vários períodos.

De forma semelhante, analisa-se nos próximos gráficos, o comportamento do AGV, segundo a divisão efetuada para a ida e para a volta.

Analisando o período de ida, representado no gráfico da Figura 4.24, verifica-se a elevada ocorrência de paragens.

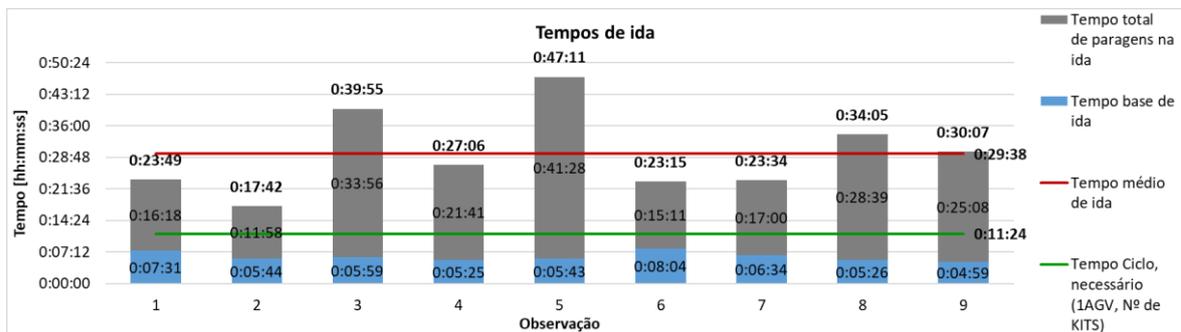


Figura 4.24. Período de Ida observado.

Nestes casos, a linha horizontal, apresentada na cor verde, diz respeito às necessidades de aprovisionamento para 1 AGV. Já a linha a vermelho, corresponde ao valor médio do tempo de ida registado.

Interpretando o gráfico ilustrado na Figura 4.25, verifica-se que as paragens com maior relevância neste no período, são referentes a locais de espera e pára-arranca do AGV antes da entrega.

Desta forma, conhecendo a natureza dessas paragens, é possível crer que, em situações de normal funcionamento, se o AGV partir do armazém no momento em que o

AGV anterior realiza a entrega dos KITS completos no bordo de linha, também chegará a tempo de executar essa função. Isto permite que o tempo de paragem que é efetuado em esperas para entrega, seja convertido num aumento do tempo disponível no local de espera por KITS completos, onde neste caso, se encontram os postos de carregamento. A observação 4, é a única que à partida, não verifica tal condição, dado valor anormal, referente ao tempo das restantes paragens. Analisando em detalhe os dados desta observação, identifica-se que, a principal causa que influencia este valor, é o bloqueio de uma zona de passagem, na qual a gestão é feita por uma *Traffic Box*.

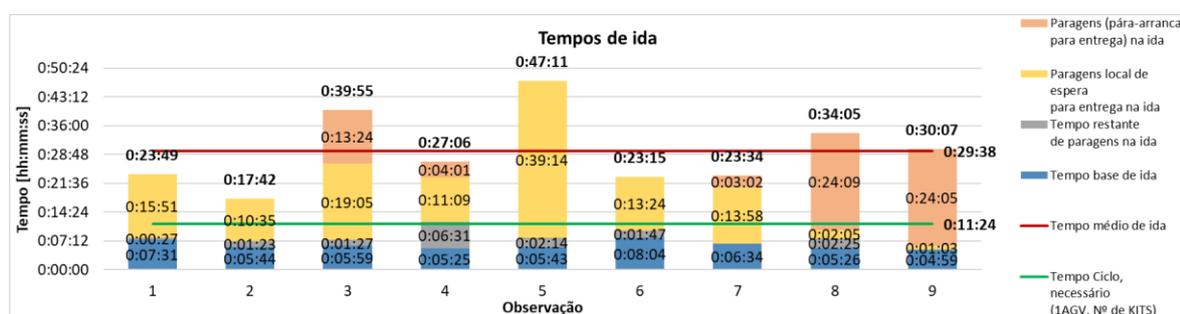


Figura 4.25. Período de ida observado, com a classificação das paragens que se destacaram.

Quanto ao tempo de volta, apresentado no gráfico da Figura 4.26, também se verifica um tempo de paragens superior em relação ao tempo base. Este facto, pode ser explicado pelo enquadramento dos postos de carregamento, na parte do percurso referente à volta. Desta forma, é compreensível e desejável que tal aconteça, dado que, para o AGV funcionar, necessita de recarregar as suas baterias.

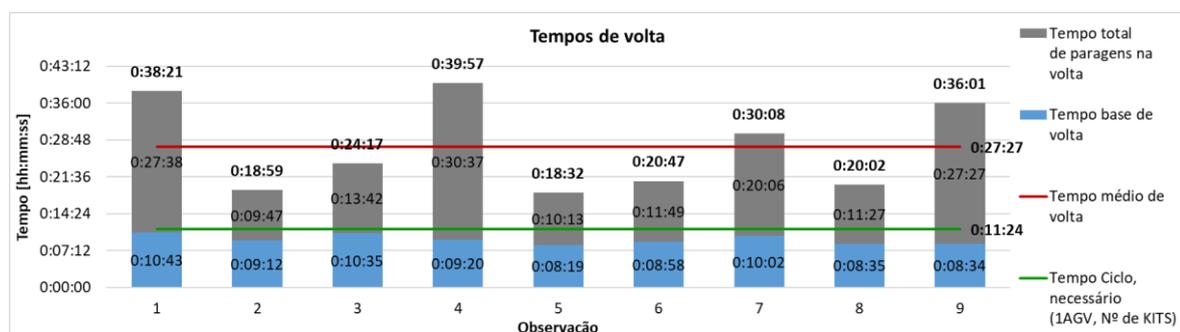


Figura 4.26. Período de Volta observado.

No gráfico ilustrado na Figura 4.27, tem-se, a repartição do tipo de paragens observadas na volta. As paragens que se destacam são efetuadas no local de espera para entrega e nos postos de carregamento. É possível também notar, uma certa relação entre as paragens efetuadas no local de espera para entrega de KITS vazios e o tempo disponível verificado no posto de carregamento. Para tempos de paragem elevados, em locais de espera para entrega, está associado um menor tempo disponível para carregamento e vice-versa.

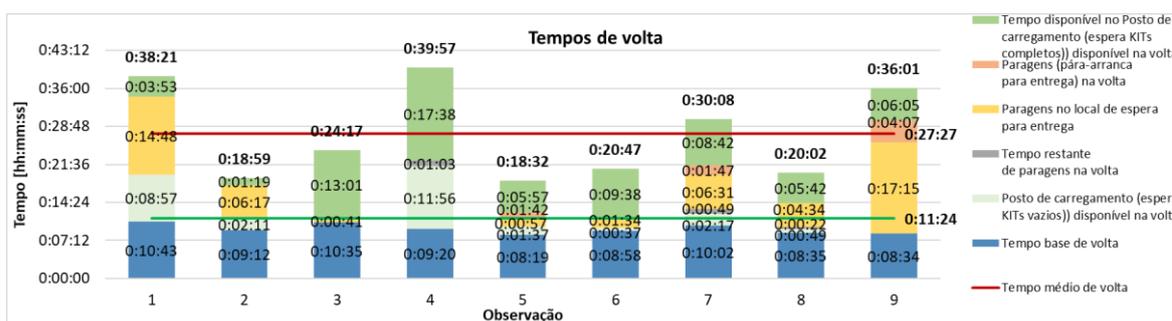


Figura 4.27. Período de volta observado, com a classificação das paragens que se destacaram.

O valor proposto para o tempo de ciclo, segundo o método de cálculo adotado, foi realizado para todas as observações de forma individual. Essa análise, pode ser observada no gráfico ilustrado na Figura 4.28.

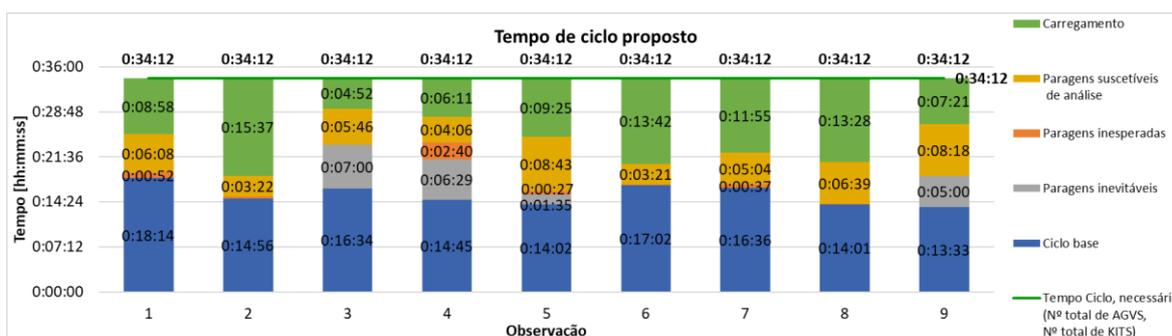
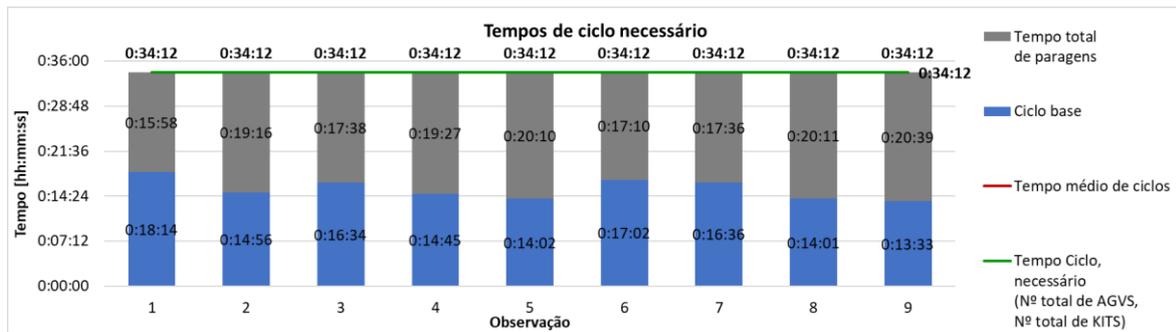


Figura 4.28. Tempo de ciclo proposto com a classificação dos vários períodos.

É fácil verificar que, quando maior é a otimização das paragens, maior é o tempo disponível para o carregamento.

Finalizando a análise ao percurso HC ESQ, chega-se à conclusão que, mantendo as condições atualmente implementadas ao nível dos equipamentos, (estão aplicados 3 AGVs no percurso e cada um deve transportar 3 KITS (Figura 4.10)), para que se cumpram

os objetivos de abastecimento ao bordo de linha, cada AGV tem que efetuar a totalidade do circuito em 0:34:12 [hh:mm:ss]. Posto isto, o valor total das paragens, efetuadas por cada um, não deve ultrapassar os 0:18:41[hh:mm:ss], ou seja, 55% do tempo de ciclo. A leitura do gráfico, ilustrado na Figura 4.29, ajuda a entender esta conclusão.



**Figura 4.29.** Tempo de ciclo necessário para o cumprimento dos objetivos.

## 5. ANÁLISE DOS DADOS E PROPOSTAS DE MELHORIA

Com vista a melhoria dos percursos, foi adotada uma abordagem que tem por base ferramentas *Lean*, de modo a reduzir os desperdícios constatados e a tornar o processo de aprovisionamento eficaz.

O trabalho descrito no capítulo 4.2.1 e 4.2.2, dá origem a esta parte final da análise. Será apresentado a quantificação dos problemas relatados, a eleição dos problemas que se devem abordar, através da análise ABC e por fim algumas propostas de solução para esses problemas, qualificadas segundo uma matriz Impacto-Esforço.

Apesar do trabalho de análise, só constar para as causas principais, a pedido da empresa, foi elaborada para o conjunto dos problemas, estando disponível no ANEXO D, uma tabela de ações KAIZEN. Nesta tabela consta um resumo dos problemas identificados, para a totalidade dos percursos, onde se expõe as suas causas e possíveis soluções.

### 5.1. Análise ABC

Uma vez concluída a análise do percurso HC ESQ, procede-se a quantificação dos problemas, responsáveis pelas paragens dos AGVs. No total das observações, foram registados 12 problemas diferentes. No gráfico da Figura 5.1, verifica-se o valor da ocorrência para cada problema, na totalidade das observações efetuadas.

A curva a vermelho, retrata o valor cumulativo das ocorrências para a globalidade dos problemas. É partir desta curva que se efetua a análise ABC para o percurso em estudo. Esta análise tem como objetivo, definir prioridades para a resolução dos problemas.

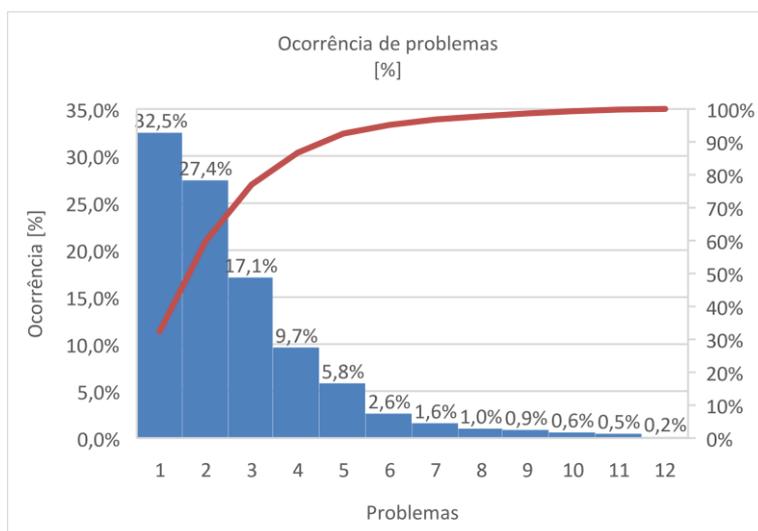


Figura 5.1. Análise ABC, tendo em conta os problemas identificados ao longo das observações.

Pela análise do gráfico, verifica-se que 25% dos problemas constatados, são responsáveis por 77% das paragens efetuadas pelo AGV. Posto isto, é sobre estes 3 problemas que se vai iniciar o estudo. A descrição dos problemas em questão, pode ser observada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Descrição e valores de ocorrência para os 3 problemas principais.

Problema		Ocorrência	
		[hh:mm:ss]	[%]
1	Paragem simultânea de 2 AGVs, em locais automáticos de espera. Avanço do AGV que se encontra atrás, antes do AGV que segue à frente comunicar a chegada ao ponto desejado.	0:10:12	33%
2	Paragens demoradas no local de espera para entrega de KITs completos (inclui paragens (COD 05) por causa de AGVs sujeitos à mesma situação)	0:08:37	27%
3	Paragens demoradas no local de espera para entrega de KITs vazios (inclui paragens (COD 05) por causa de AGVs sujeitos à mesma situação)	0:05:22	17%

Os AGVs são enviados a partir do armazém, sem que exista qualquer comunicação com o bordo de linha. A partir do momento em que se completa o *picking*, do número total de KITs definido para o transporte, e estando o AGV disponível, é comunicada a ordem de avanço ao AGV. A presença de algum disfuncionamento durante o trajeto, ou algum atraso na produção, pode levar ao encontro de 2 AGVs do mesmo percurso. Neste caso, o problema 1 ocorreu no local de espera para entrega dos KITs completos (Figura 5.3

(a)), mas este fenómeno de encontro entre 2 AGVs, foi registado em outros percursos sobretudo em postos de carregamento, como se pode verificar na Figura 5.2.



**Figura 5.2.** Paragem simultânea de 2 AGVs, num posto de carregamento.

Em ambos os casos, o efeito é semelhante, resultando no avanço dos 2 AGVs. O controlo destes locais, destinados à espera dos AGVs, é feito através da criação de zonas de acesso. O funcionamento é simples, o AGV permanece no local de espera, até que obtenha a autorização para o acesso à zona. Essa comunicação é feita remotamente, ou pelo acionamento manual numa *Traffic Box*, ou através de um sensor de presença, resultando na libertação da zona, concedendo a passagem ao AGV. Contudo, a zona permanece transitável, até que se verifique a comunicação do fim de passagem por parte do AGV, através da leitura de uma TAG disposta no circuito. Caso esteja outro AGV atrás e não se tendo ainda registado essa comunicação de fim de passagem, este avança de igual forma. É a partir daqui que se verifica realmente o problema. Na situação verificada nos postos de carregamento, o AGV que se encontra atrás, além de não parar para efetuar a recarga das baterias, avança de forma normal, acabando por não transportar nenhum KIT. Já relativamente ao caso em questão, o avanço simultâneo dos 2 AGVs, resulta no engarrafamento de KITs junto ao local de entrega, bloqueando a passagem do AGV que transporta os KITs do HC DIR., como se pode ver na Figura 5.3.



(a)



(b)

**Figura 5.3.** (a) Presença de 2 AGVs no local de espera; (b) Bloqueio à passagem do AGV que transporte os KIT do HC DIR.

Relativamente aos problemas 2 e 3, que retratam as paragens em locais de espera para entrega de KITS, convém referir que estas pausas são de alguma forma necessárias e até convenientes. Relativamente à espera para entrega de KITS completas, é feita com o intuito de absorver possíveis atrasos da linha de produção e impedir desta forma o congestionamento dos locais de entrega, (como se verificou na Figura 5.3 (b)) e garantir a presença do AGV para a etapa seguinte, a entrega dos KITS no bordo de linha. Já a espera para entrega de KITS vazios, como se pode ver na Figura 5.4, tem como principal objetivo, evitar o excesso de KITS, no local onde é efetuado o *picking*. Contudo, a dimensão elevada destas paragens, indicam a presença de possíveis problemas no processo, daí a sua análise.

O transporte manual de KITS, o envio de AGVs com um número de KITS diferente ao estabelecido, a falta de comunicação entre AGVs, são possíveis razões que agravam estes problemas.



**Figura 5.4.** (a) AGV à espera para entrega de KITS vazios; (b) 2 AGVs em situação de espera para entrega de KITS vazios.

No ANEXO C, é apresentada a tabela, onde constam todos os problemas, com os respetivos valores de ocorrência, relativos ao percurso HC ESQ.

## 5.2. Matriz esforço-impacto

Analise-se agora as possíveis soluções para os problemas abordados. A Tabela 5.2, que se pode ver a seguir, é nada mais que o continuar da Tabela 5.1.

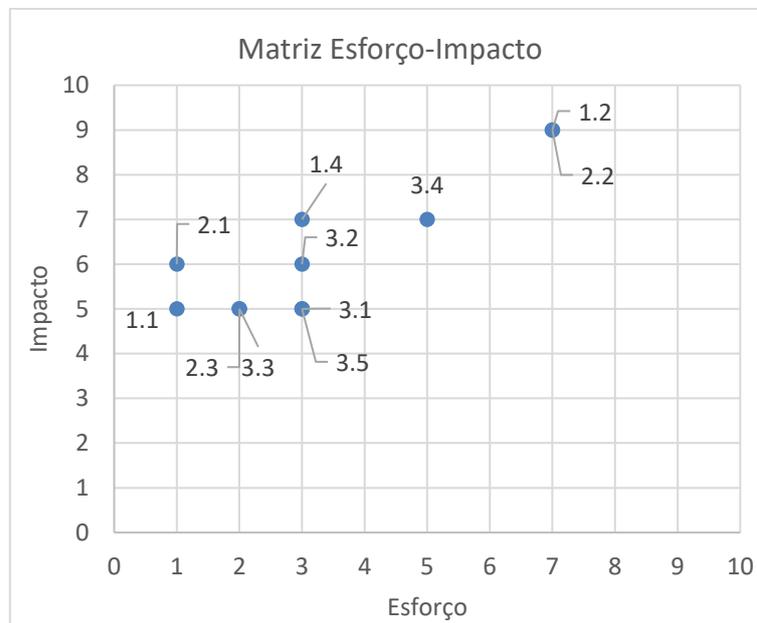
**Tabela 5.2.** Avaliação do Esforço e Impacto associados à solução proposta, para os 3 problemas principais.

Solução proposta		Esforço	Impacto	Observações
1.1	Aumentar para 4 o número de KITS a transporte.	1	5	O valor do tempo de ciclo necessário vai ser maior, existindo mais tempo disponível para o carregamento das baterias. Ao se aumentar o número de KITS, significa um intervalo maior no tempo de paragem em locais de espera por KITS, locais esses coincidentes com os postos de carregamento.
1.2	Implementar sistema gestão e de comunicação automática entre AGVs.	7	9	Com a comunicação entre os AGVs, é possível implementar e controlar o avanço de forma automática, mediante a posição de outros AGVs no circuito ou o cumprimento de determinadas ações da parte destes. Permitindo desta forma uma gestão mais controlada do processo, como por exemplo a saída controlada dos AGVs a partir do <i>picking</i> , permitindo uma paragem otimizada no local de espera por KITS completos, onde se encontra um dos postos de carregamento.

1.4	Verificar o momento, no qual o AGV faz a leitura da TAG que comunica a saída desta zona de passagem, bloqueando a entrada neste local.	3	7	Averiguar a possibilidade de movimentar a TAG. Se maneira a encurtar a distância para a comunicação do fim de passagem, ou colocação de nova TAG com esse efeito.
2.1	Aumentar para 4 o número de KITS a transporte.	1	6	O valor do tempo de ciclo necessário vai ser maior, existindo mais tempo disponível para o carregamento das baterias. Ao se aumentar o número de KITS, significa um intervalo maior no tempo de paragem em locais de espera por KITS, locais esses coincidentes com os postos de carregamento.
2.2	Implementar sistema gestão e de comunicação automática entre AGVs.	7	9	Com a comunicação entre os AGVs, é possível implementar e controlar o avanço de forma automática, mediante a posição de outros AGVs no circuito ou o cumprimento de determinadas ações da parte destes. Permitindo desta forma uma gestão mais controlada do processo, como por exemplo a saída controlada dos AGVs a partir do <i>picking</i> , permitindo uma paragem otimizada no local de espera por KITS completos, onde se encontra um dos postos de carregamento.
2.3	Alertar os operadores para a influência negativa no processo, do transporte manual dos KITS.	2	5	O transporte manual, desequilibra por completo o processo de entrega por AGV. Caso seja imprescindível fazê-lo, certificar o envio do AGV sem KITS, para responder às etapas seguintes do processo. Ou na melhor das hipóteses, transportar apenas 1 KIT de forma manual.
3.1	Verificar se os operadores existentes no <i>picking</i> são suficientes. Adequar o número de trabalhadores de acordo com as necessidades.	3	5	O tempo de <i>picking</i> para cada KIT, deve ser menor que o <i>Takt Time</i> .
3.2	Otimizar o processo de entrega dos KITS vazios. Verificar condições disponíveis no local.	3	6	---
3.3	Alertar operador do <i>picking</i> para chamada do AGV.	2	5	A espera deve ser feita na etapa seguinte, no local de espera por KITS completos, com posto de carregamento.
3.4	Criação de sistema automático, de alerta ao operador.	5	7	Envio de sinal ao operador, mediante a presença de AGVs neste local.
3.5	Determinar a quantidade ideal de KITS disponíveis em todo o circuito.	3	5	Foram observados, por diversas vezes, AGVs a realizar a espera em causa, havendo já um número suficiente de KITS completos para transporte e ainda KITS vazios disponíveis para <i>picking</i> . Daí a questão, se o número de KITS que se encontra disponível não seja excessivo.

As soluções são avaliadas segundo o esforço e o impacto associados, numa escala de 0 a 10. Esta escala traduz a dificuldade de implantação da solução e o potencial

causado na implantação da mesma. Os valores definidos, encontram-se ilustrados na Figura 5.5 e resultam da experiência obtida ao longo do estágio na empresa.



**Figura 5.5.** Matriz Esforço-Impacto para as soluções propostas.

Posto isto, as soluções que se querem implementar são as que apresentam um menor esforço, um maior impacto associado e de preferência associadas aos problemas que surjam com mais frequência. A passagem para 4 do número de KITS a transportar, seria portanto uma das primeiras soluções a implementar, tendo em conta as razões explicadas na Tabela 5.2 e pelo facto de serem soluções com esforço muito baixo, dado que o circuito está capacitado para a mudança e existem KITS em número suficiente, sendo apenas necessário informar os operadores da linha de montagem e do *picking* acerca da alteração.

Das soluções propostas, só a 1.2 e 2.2 da Tabela 5.2 relativas a implementação de um sistema de gestão é que envolvem um esforço elevado para a empresa, estando em causa um investimento a nível financeiro. Contudo, o impacto causado seria notório, solucionando praticamente 2 dos problemas em análise. De referir que este sistema de gestão seria benéfico para todos os percursos.

As restantes soluções, são consideradas de esforço baixo a médio, com um impacto considerável, devendo ser aplicadas as que melhor se enquadrem na visão dos responsáveis da empresa.

### 5.3. Outros aspetos relevantes

Relativamente à classificação adotada no capítulo 4.2.1, para as paragens inevitáveis, referir que se teve em consideração a forma como o processo se encontra atualmente implementado. Contudo, não significa que estas paragens sejam de facto inevitáveis, mas sim dificilmente de evitar. Isto é, poder-se-á ganhar mais eficiência, atuando sobre algumas paragens que foram consideradas inevitáveis, nomeadamente em situações de cruzamentos e semáforos. Estas poderão ser corrigidas, mas implicarão uma revisão completa do processo, ao nível de planeamento de ações ou a criação de novas rotas. Não significa que seja possível ter rotas sem cruzamentos, porém pode haver uma diminuição destes e até uma planificação dos tempos de circulação para garantir que os AGVs não se encontrem nos mesmos. Deste modo, foram consideradas como essenciais para o correto funcionamento dos AGVs, não sendo apontadas para otimização.

Também na discussão realizada no capítulo 4, verificou-se que os problemas relativos a KITs soltos e a presença de zonas com acesso bloqueado, representam uma percentagem de apenas 0,5% e 2,6% do tempo total de paragem, respetivamente, não tendo sido por isto proposto soluções de melhoria.

No entanto, estes problemas são conhecidos desde a fase inicial do estágio e foram observados de forma frequente nos vários percursos. Analise-se as causas, que estão na sua origem:

- Relativamente aos KITs soltos, são duas, as principais causas da separação: a presença de anomalias no sistema de acoplamento ou a falta de verificação, por parte do operador de posto, do acoplamento entre os KITs e da ligação dos mesmos com o AGV. Nestas situações, o AGV prossegue de forma normal o movimento, pois não tem a capacidade de detetar a anomalia, acabando por não efetuar o trabalho que lhe compete.
- No caso de zonas bloqueadas, a situação pode ser também de dois tipos:
  - Bloqueio de zonas, sem AGVs a atravessar as mesmas, causado pela falha na comunicação de saída de zona, por parte do AGV, à *Traffic Box* respetiva.
  - Bloqueio de zonas, por paragem de AGVs, causado por avarias durante a passagem, mudanças acidentais na rota ou bloqueio ao movimento devido a parafusos.

Em ambos os casos, a resolução passa por certificar que o local se encontra desimpedido e pelo Reset da *Traffic Box* respetiva, caso contrário a zona permanecerá bloqueada. Notou-se que, muitas das vezes, os operadores desconheciam por completo, o procedimento que leva à resolução da anomalia, verificou-se o acionamento manual do botão de avanço, no próprio AGV (solução que só beneficia o AGV em questão, permanecendo desta forma a zona bloqueada), a utilização incorreta das *Traffic Box*, causando na maioria dos casos novas colisões, e a má localização das *Traffic Box* (distantes dos locais a que se destina o controlo).

Todas estas razões e ainda a existência de outros problemas, que afetavam o setor da montagem, associados à produção do novo veículo, levaram a que se definisse como pressuposto, a atuação na resolução da anomalia, em situações de fácil resolução e quando as paragens atingissem tempos superiores a 1 minuto. Desta forma, não se prejudica a movimentação dos AGVs de outros percursos, nem a etapa seguinte do processo de entrega, como foi explicado no pressuposto número 5 do capítulo 4.1. Aproveitou-se, os conhecimentos técnicos e disponibilidade do estagiário, que executou as observações, na resolução destes problemas.

Isto fez com que estes problemas na análise, não tivessem a dimensão que na realidade poderiam ter.

Assim, no final do estágio, será prudente os responsáveis do setor da montagem, definirem o procedimento, garantindo que o trabalho que estava a ser feito pelo estagiário, continua a ser feito por um operador encarregue desta função. Contudo, os operadores devem estar habilitados para a manipulação correta dos equipamentos, o sistema de acoplamento entre os KITS deve ser revisto, os dispositivos de controlo devem estar desimpedidos (Figura 5.6 (a)), fáceis de identificar, próximos dos locais a que se destinam e com os seus botões devidamente identificados (Figura 5.6 (b)).



(a)



(b)

**Figura 5.6.** (a) (Fotografia lateral da *Traffic Box*) Obstrução no acesso aos botões de controlo da *Traffic Box*; (b) Falta de identificação, nos botões de controlo da *Traffic Box*.

## 6. CONCLUSÕES

Na PSA de Mangualde, a empresa onde decorreu o estágio, o transporte dos componentes desde o armazém até aos postos de trabalho, é feito atualmente por AGVs. Portanto, o bom funcionamento dos AGVs, tem a maior importância na produção de veículos automóveis.

Das observações realizadas, constatou-se que o sistema presenciava de vários problemas, em particular paragens muito frequentes dos AGVs. Na generalidade dos percursos, os que se verificaram em maior incidência foram: as paragens elevadas em locais de espera, kits soltos, zonas bloqueadas e falta de formação de pessoas.

Causas como: o transporte manual de KITS, o envio de AGVs com um número de KITS diferente ao estabelecido e a falta de comunicação entre AGVs, estão associadas à ocorrência de vários problemas.

De acordo com a análise efetuada, o valor de AGVs necessário é bastante superior ao que na realidade se encontra definido para o percurso.

Atualmente, os KITS continuam a chegar aos postos de montagem. No entanto, devido a paragens excessivamente elevadas, geram-se atrasos sucessivos entre os vários ciclos de entrega. A partir de um certo ponto, o processo não consegue satisfazer as necessidades. Na tentativa de solucionar o problema (a falta de KITS nos postos de aprovisionamento), são transportados os KITS completos de forma manual. Este procedimento, afeta de forma negativa o processo de entrega por AGV, por inúmeras razões:

- Problemas no sistema de acoplamento (TIMON), dado que este não está projetado para ser atrelado nos tratores de reboque;
- Muitas das vezes os KITS completos são deixados antes dos locais de aprovisionamento, sendo necessário um operador de linha efetuar a tarefa do AGV, que é o transporte exato até aos transportadores que os deslocam ao longo da linha. Até que tal se verifique, estes KITS constituem um obstáculo à passagem de outros AGVs;

- Acumulação de KITS vazios nos locais de fim de linha, visto que o processo não foi efetuado por um AGV, este não estará disponível para efetuar o transporte de retorno às áreas de kitting;
- Como não há comunicação entre as áreas de *kitting* e os locais de aprovisionamento, caso existam KITS completos nas áreas de *kitting* e não esteja disponível um AGV para efetuar o transporte, estes são transportados por um operador de trator, mesmo que não sejam necessários nos locais de aprovisionamento.
- Este tipo de transporte tem outro tipo de problema, pois leva a que os AGVs se acumulem num local do circuito.

Verifica-se também, com base nas observações, que há percursos em que o aumento do número de KITS pode ser vantajoso, pois, o tempo de ciclo necessário para entrega aumenta, suscita a hipótese de reduzir o número de AGVs no circuito e em teoria pode significar um aumento de paragens de nos postos de carregamento, dado que estes se situam na maioria, em locais destinados à espera de KITS para transporte. No entanto, este aumento deve ser sempre planeado, pois tem como consequência um aumento do comprimento, do conjunto (AGV + KITS), impedindo tanto a movimentação do próprio AGV como perturbar a passagem de outros AGVs, em muitos locais dos percursos. Pode também estar a sobrecarregar o AGV, verificando-se um maior desgaste dos seus componentes e a diminuição do tempo de vida e autonomia das baterias. Daí ser importante o AGV transportar só o número de KITS que lhe está destinado.

Pode-se concluir que, a necessidade de aquisição de AGVs é realmente um facto! Há circuitos que ao fim de analisados, tal se verifica. Porém é em situações de emergência, nomeadamente na falha de um dos AGVs em funções, que efetivamente se revela a sua necessidade, dado que no momento, não há meios de substituição.

Apesar da introdução de AGVs, ser benéfica para o transporte dos componentes, há que ter em conta o custo associado à sua compra e as possíveis perturbações, aos restantes circuitos, que a sua introdução possa causar. Deste modo, deve ser feito previamente, o dimensionamento do circuito, tendo em conta as necessidades, condições disponíveis, equipamentos instalados e possíveis interações.

Ao nível de códigos de anomalia, os mais apresentados durante as observações aos percursos foram o COD 05, referente algo que se opôs ao movimento do AGV e o COD

86 em situações em que o AGV se encontra parado a aguardar um sinal de avanço remoto, relacionado com o cumprimento de determinadas condições. De salientar a ocorrência do COD 45, que indica a presença do AGV num posto de carregamento, contudo não se verificou a recarga das suas baterias. Esta anomalia está diretamente ligada com a presença do COD 06, que indica a fraca autonomia do AGV e causa a sua imobilização no circuito.

No futuro, fica ao critério da empresa a aplicação das propostas de melhoria apresentadas. Todavia, seria interessante avaliar os seus resultados alcançados por estas. A folha de cálculo elaborada para do caso de estudo, foi projetada para utilização futura. Desta forma, é possível a sua utilização, caso seja necessário efetuar novas observações.

Como sugestão de trabalhos futuros, seria interessante efetuar um estudo para a implementação de um sistema de gestão e de comunicação automática entre AGVs. Apesar de envolver um esforço elevado para a empresa, pois está em causa um investimento a nível financeiro, é uma solução que está associada a uma grande maioria dos problemas, sendo vantajoso para todos os percursos.

Dada a curta duração do estágio, foram iniciados alguns projetos que não chegaram a ser concretizados, ficando aqui como sugestão:

Elaborar uma formação para os operadores a respeito dos equipamentos existentes, sobretudo os AGVs, as *Remote Box* e *Traffic Box*, na qual se deve abordar os seguintes temas: manipulação dos equipamentos, como e quando se deve atuar perante um disfuncionamento, regras para o bom funcionamento, regras de segurança e cuidados a ter na sua utilização. É importante esclarecer a forma como decorre o processo, principalmente nas situações de esperas e acesso dos AGVs a zonas comuns de tráfego.

Outra sugestão, passaria pela mudança do design dos circuitos, nomeadamente em áreas associadas a cruzamentos entre percursos e mudanças de direção. Verificou-se que o traçado dos circuitos nestas zonas, através da colocação da magnética, não corresponde ao recomendado pelos vários fabricantes de AGVs, podendo ser uma das causas para a presença de disfuncionamentos nestes locais, nomeadamente a saída do AGV da rota estabelecida, seguindo por outro percurso.



---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACAP, «Produção Automóvel em Portugal». Disponível em: [http://www.autoinforma.pt/index.php?MIT=0&template\\_id=315&xpto=1&a\[\]=0,36458,,0,](http://www.autoinforma.pt/index.php?MIT=0&template_id=315&xpto=1&a[]=0,36458,,0,) [Acedido: 09-Fev-2019].
- [2] «Fábrica da PSA em Mangualde ganha novo modelo da Opel | Automóveis | PÚBLICO». Disponível em: <https://www.publico.pt/2019/02/08/economia/noticia/fabrica-psa-mangualde-ganha-novo-modelo-opel-1861226#gs.al0b3qL5>. [Acedido: 11-Fev-2019].
- [3] «Sobre nós - Mangualde». Disponível em: <https://site.groupe-psa.com/mangualde/pt-pt/sobre-nos/>. [Acedido: 09-Fev-2019].
- [4] «O Centro de Mangualde inicia a produção em pleno dos novos veículos comerciais ligeiros do Groupe PSA - Mangualde». Disponível em: <https://site.groupe-psa.com/mangualde/pt-pt/atualidades/atividade/o-centro-de-mangualde-do-groupe-psa-inicia-a-producao-em-pleno-dos-novos-veiculos-comerciais-ligeiros/>. [Acedido: 09-Fev-2019].
- [5] Leonardo Chwif, «Utilização de Buffers em Sistemas de Produção», 2016. Disponível em: [https://www.lean.org.br/artigos/362/refletindo-sobre-buffers-e-sistemas-de-producao-\(the-birth-of-lean-capitulo-iv---a-evolucao-dos-buffers-na-toyota---kaneyoshi-kusunoki\).aspx](https://www.lean.org.br/artigos/362/refletindo-sobre-buffers-e-sistemas-de-producao-(the-birth-of-lean-capitulo-iv---a-evolucao-dos-buffers-na-toyota---kaneyoshi-kusunoki).aspx). [Acedido: 09-Fev-2019].
- [6] «Full Kitting en M1». Disponível em: <http://portail.inetpsa.com/sites/news/Pages/en-US/Full-Kitting-en-M1.aspx>. [Acedido: 22-Jan-2019].
- [7] «Full Kitting en Vigo». Disponível em: <http://portail.inetpsa.com/sites/news/Pages/en-US/Full-Kitting-en-Vigo.aspx>. [Acedido: 22-Jan-2019].
- [8] «Full Kitting de Puertas». Disponível em: <http://portail.inetpsa.com/sites/news/Pages/en-US/Full-Kitting-de-Puertas.aspx>. [Acedido: 22-Jan-2019].

- [9] «Sistemas Kitting | Pick to light Systems». Disponível em: <https://www.picktolightsystems.com/pt/produtos-picking/kitting>. [Acedido: 10-Fev-2019].
- [10] «Escolha para a logística leve, econômica e flexível - Isitec International». Disponível em: <https://www.isitec-international.com/solutions/isipick-to-light/>. [Acedido: 10-Fev-2019].
- [11] ASTI, «Manual do AGV para o operário», pp. 1–15, 2015.
- [12] J. Martínez, «P1402.01 ASTI Easybot gestión de tráfico», vol. 01, pp. 1–15, 2014.
- [13] ASTI, *Listado codigos de Display EASYBOT41*. 2014.
- [14] E. S. Manual, «Manual de carga automática de baterías - AGC estándar ASTI – Aplicable a : Easybot41 con opcional : Carga automática de baterías».
- [15] «O que é o Lean?» Disponível em: <https://www.lean.org/WhatsLean/>. [Acedido: 09-Fev-2019].
- [16] J. P. Pinto, «Introdução ao Pensamento Lean», em *Pensamento Lean*, 2014.
- [17] J. P. Womack e D. T. Jones, «Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation», *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 48, n. 11, pp. 1148–1148, Dez. 1997.
- [18] «Léxico Lean - MUDA». Disponível em: <https://www.atec.pt/formacao-e-consultoria/lean/lexico/m-n/#lx-muda>. [Acedido: 09-Fev-2019].
- [19] «Definição de KAIZEN». Disponível em: <https://pt.kaizen.com/quem-somos/significado-de-kaizen.html>. [Acedido: 09-Fev-2019].
- [20] «Kaizen Cria uma Cultura de Melhoria Contínua | Produção Lean». Disponível em: <https://www.leanproduction.com/kaizen.html>. [Acedido: 09-Fev-2019].
- [21] «Kaizen: A filosofia da melhoria contínua | Portal Administração». Disponível em: <http://www.portal-administracao.com/2014/10/kaizen-filosofia-melhoria-continua.html>. [Acedido: 09-Fev-2019].
- [22] W. Pareto, «Análise A-B-C Lei de Pareto, Lei dos 20/80 Análise A-B-C Conceitos e definições».
- [23] «Princípio de Pareto: O que é e como funciona? | Portal Administração». Disponível em: <http://www.portal-administracao.com/2017/09/principio-de-pareto-conceito.html>. [Acedido: 09-Fev-2019].
- [24] L. M. D. F. Ferreira, C. Mesquita, e C. Silva, «Melhoria de um processo logístico de reabastecimento interno recorrendo à metodologia DMAIC», em *Qualidade em*

- ação*, Edições Sílabo, Ed. 2014.
- [25] ASTI, «SISTEMA DE GUIADO POR BANDA MAGNÉTICA», pp. 1–16.
- [26] ASTI, *Listado codigos de Display EASYBOT41*. 2015.



## ANEXO A

### Fluxogramas de ações

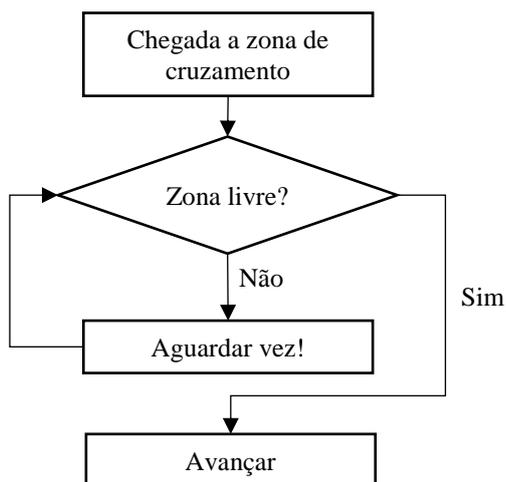


Figura 0.1. Fluxograma de ação para passagem de zonas.

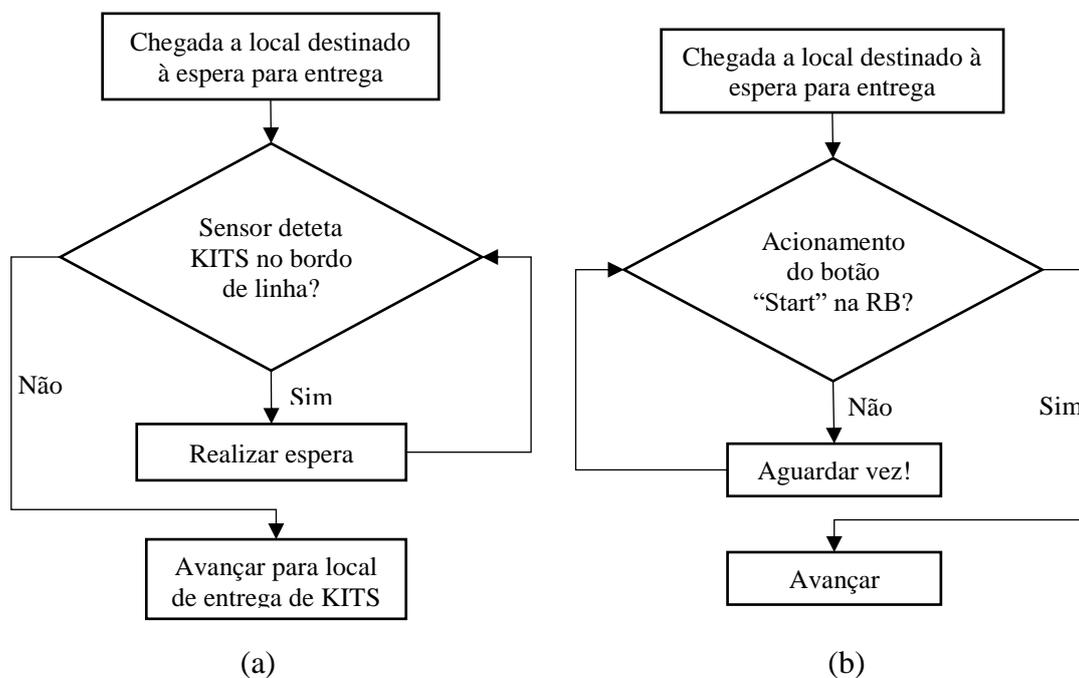


Figura 0.2. (a) Fluxograma de ação para local de espera automatizado; (b) Fluxograma de ação para local de espera normal.

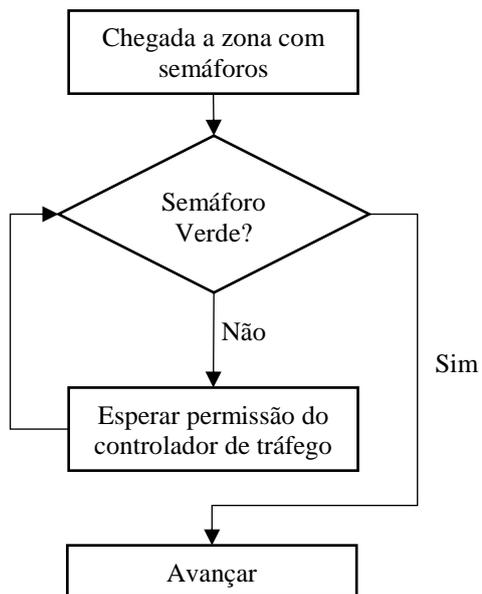


Figura 0.3. Fluxograma de ação para locais com presença de semáforos.

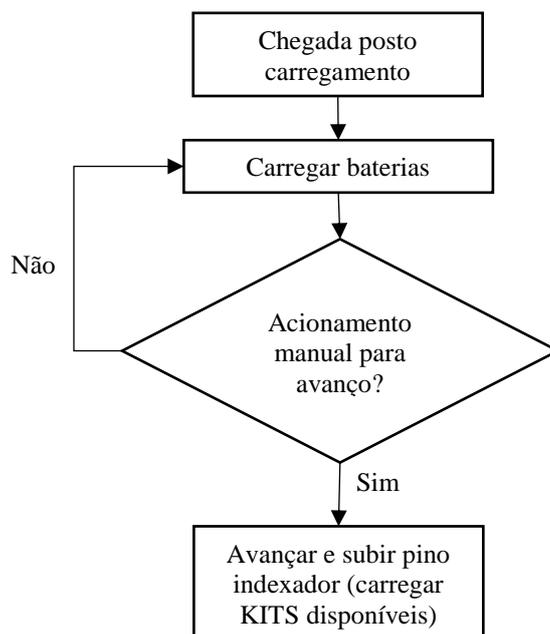


Figura 0.4. Fluxograma de ação nos locais com postos de carregamento.

## ANEXO B

### Códigos de anomalia e estado do AGV

**Tabela 0.1.** Lista de códigos de ecrã, para AGV EASYBOT [26].

Código	Descripción del código
00	AGC sin anomalías
01	Emergencias actuadas
02	Emergencias sin rearmar
03	Error en más de un variador
04	Anticolisión (necesidad de rearme)
05	Anticolisión (rearme automático)
06	Nivel batería mal
07	Error en fusible/s
08	Anticolisión (reducción de velocidad)
09	Sin comunicación con antena de tags
10	Punto inesperado (existe en la tabla de trabajo)
11	Punto inesperado (existe en la tabla de trabajo, sentido equivocado)
12	Punto inesperado (no existe en la tabla de trabajo)
13	Método de localización no configurado
14	No se reciben datos del mando inalámbrico dentro del tiempo
15	Datos incorrectos recibidos del mando inalámbrico
16	Seta del mando inalámbrico (o PC) no armada
17	No se han cargado los valores del circuito para el enrutamiento
18	La tabla de enrutamiento contiene un pto. para el que se ha definido más de un ID.
19	La tabla de enrutamiento contiene un pto. para el que no se ha creado el siguiente
21	El sistema de localización está perdido
22	Valor incorrecto de Selección guía en la tabla de enrutamiento
23	La tabla de enrutamiento se ha creado sin respetar los límites
24	El punto no pertenece a la ruta
25	Excedido tiempo máximo para el bloque 1 de operaciones
26	Excedido tiempo máximo para el bloque 2 de operaciones
27	El punto es de anomalía en esta ruta
28	Punto inesperado (se ha saltado un tag)
29	Anomalía en el sistema de elevación
30	La ruta actual no está definida en la tabla de enrutamiento
31	El punto actual no está definido en la tabla de enrutamiento
32	Se ha saltado un tag (NUNCA SE VA A VER)
33	Error en la detección de la guía
34	Error en los sensores de guía
35	Error en la búsqueda de la guía (NUNCA SE VA A VER)
36	Distancia máxima guiado en ciego superada
37	Anomalía en el BUS CAN
38	Excedido tiempo máximo para la parada precisa
39	Excedido tiempo máximo para el bloque 3 de operaciones
40	Anomalía en el BUS CAN
41	Error en la posición del enganche
42	Se ha rebasado el tiempo máximo para un movimiento del enganche

43	Error en la posición del sistema de recarga de baterías auto
44	Se ha rebasado el tiempo máximo para un movimiento del sist. recarga baterías
45	No se detecta corriente durante una recarga de baterías. Segundo fallo del contador de fallos de recarga de baterías.
46	Se ha superado la fuerza de tracción máxima
47	No se detecta corriente durante una recarga de baterías. Primer fallo del contador de fallos de recarga de baterías (autorearmable)
48	Se ha rebasado el tiempo máximo para una media vuelta
55	Porcentaje máximo de movimiento rebasado
56	AGV trabado
57	Algún encóder no se ha refrescado
58	Algún encóder no cuenta
59	Nivel de batería regular
60	Error en variador delantero izquierdo
61	Error en variador delantero derecho
62	Error en variador trasero izquierdo
63	Error en variador trasero derecho
64	Error en refresco de la posición odométrica al alcanzar coordenada
65	Pérdida comunicación con Control central, en un momento necesario
77	RFID anulado
78	Puerto en modo programación
79	Fin ruta (punto final)
80	AGC sin ejecutar ruta
81	Esperando cumplimiento de las condiciones iniciales (entrada AGV)
82	Esperando permiso del controlador de tráfico (PC o A29)
83	Esperando condición durante el trayecto (entrada AGV)
84	Esperando cumplimiento de las condiciones iniciales (entrada externa)
85	Esperando cumplimiento de las condiciones iniciales (entrada PC)
86	Esperando cumplimiento de las condiciones iniciales (entrada remota)
87	Esperando condición durante el trayecto (entrada externa)
88	Esperando condición durante el trayecto (entrada PC)
89	Esperando condición durante el trayecto (entrada remota)
90	En proceso de recarga de baterías
91	Fin del proceso de recarga de baterías
93	Esperando cumplimiento de las condiciones iniciales (entrada batería)
94	Esperando condición durante el trayecto (entrada batería)
95	Esperando parada precisa
97	Pérdida comunicación con Control central
98	Modo depuración salidas
99	Error de comunicación al display
101	Error Flexi 1 (emergencias actuadas)
102	Error Flexi 2 (comparación velocidad errónea)
103	Error Flexi 3 (anticolisión)
104	Error Flexi 4 (No se detecta movimiento)
105	Error Flexi 5 (error E/S láser)
106	Error Flexi 6 (emergencias sin rearmar)
107	Error Flexi 7 (error entradas selección casos)
108	Error Flexi 8 (error detección posición enganche)
109	Error Flexi 9 (error EDM)
110	Error Flexi 10 (error SMA)
111	Error Flexi 11 (incumplimiento rampa deceleración)
112	Error Flexi 12 (anticolisión [reducción velocidad])
113	Error Flexi 13
114	Error Flexi 14
115	Error Flexi 15

116	Error Flexi 16
117	Error Flexi 17
118	Error Flexi 18
119	Error Flexi 19 (error indeterminado)
120	Error de CAN con el nodo 20 (RFID)
121	Error de CAN con el nodo 21 (Salidas analógicas 1 y 2)
122	Error de CAN con el nodo 22 (Ultrasonidos ) o con el nodo 96 (visualizador)
123	Error de CAN con el nodo 23 (A29 -Dispositivos remotos)
124	Error de CAN con el nodo 24 (Salidas analógicas 3 y 4)
125	Error de CAN con el nodo 25 (Pasarela Beckhoff)
126	Error de CAN con el nodo 26 (Analógicas Beckhoff)
127	Error de CAN con el nodo 27 (Mando IKUSI)
128	Error de CAN con el nodo 28 (A33-carga automática)
129	Error de CAN con el nodo 29 (variable)
130	Error de CAN con el nodo 30 (variable)
131	Error de CAN con el nodo 31 (variable)
132	Error de CAN con el nodo 32 (variable)
133	Error de CAN con el nodo 33 (variable)
134	Error de CAN con el nodo 34 (variable)
140	Anomalía configurable (detiene todo)
141	Anomalía configurable (detiene todo)
142	Anomalía configurable (detiene todo)
143	Anomalía configurable (detiene todo)
144	Anomalía configurable (detiene todo) [si hay A33: relé de la A33 dañado]
145	Anomalía configurable (detiene todo) [si hay A33: fusible del actuador de la A33]
146	Anomalía configurable (detiene translación)
147	Anomalía configurable (detiene translación)
148	Anomalía configurable (detiene elevación)
149	Anomalía configurable (detiene elevación)
150	Anomalía configurable (detiene elevación)
151	Anomalía configurable (detiene elevación)
152	Anomalía configurable (detiene movimientos auxiliares)
153	Anomalía configurable (detiene movimientos auxiliares)
154	Anomalía configurable (detiene movimientos auxiliares)
155	Anomalía configurable (detiene movimientos auxiliares)
180	Modo manual



## ANEXO C

Tabela 0.1. Valores de ocorrência, para os vários problemas identificados no decorrer das observações

Problema	Intervalo de tempo correspondente à observação (com pausa identificada) [hh:mm:ss]															Ocorrência	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	[hh:mm:ss]	[%]
1 Paragem simultânea de 2 AGVs em locais automáticos de espera. Avanço do AGV que se encontra atrás, antes do AGV que segue à frente comunicar a chegada ao ponto desejado.	---	---	---	---	0:19:23	0:13:24	0:10:51	0:24:09	0:24:05	---	---	---	---	---	---	0:10:12	32,5%
2 Paragens demoradas no local de espera para entrega de KITS completos (inclui paragens (COD 05) por causa de AGVs sujeitos à mesma situação)	0:15:51	0:10:35	0:12:05	0:11:09	0:19:51	0:01:47	0:03:07	0:02:05	0:01:03	---	---	---	---	---	---	0:08:37	27,4%
3 Paragens demoradas no local de espera para entrega de KITS vazios (inclui paragens (COD 05) por causa de AGVs sujeitos à mesma situação)	0:14:48	0:06:17	0:00:41	---	0:01:42	0:01:34	0:06:31	0:04:34	0:12:15	---	---	---	---	---	---	0:05:22	17,1%
4 KITS (pára-arranca para entrega)	---	---	0:13:24	0:04:01	0:00:57	---	0:04:49	---	0:04:07	---	---	---	---	---	---	0:03:02	9,7%
5 Falha no carregamento nos postos de carga	0:03:53	---	---	0:12:38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0:01:50	5,8%
6 Zonas bloqueadas, sem AGVs a atravessar as mesmas. (inclui paragens (COD 05) por causa de AGVs sujeitos à mesma situação) Zonas críticas: - Cruzamento (junto ao posto MVM 09 (colocação de baterias)) - (falha na indicação de saída de zona por parte do AGV, movimentação de AGV necessita de RESET na TB, etc.)	---	---	0:01:27	0:03:35	---	---	---	0:02:25	---	---	---	---	---	---	---	0:00:50	2,6%
7 Falta de TAG no posto de carregamento	---	---	---	---	0:01:37	0:00:37	0:02:17	---	---	---	---	---	---	---	---	0:00:30	1,6%
8 AGV (Posto de carregamento)	---	---	0:01:13	---	0:01:43	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0:00:20	1,0%
9 Operadores em manobras de abastecimento	---	0:00:36	---	0:00:44	---	---	0:00:49	0:00:22	---	---	---	---	---	---	---	0:00:17	0,9%
10 Congestionamento de AGV + KITS em locais críticos (antes da entrega)	---	---	---	0:01:46	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0:00:12	0,6%
11 KITS soltos	---	0:00:47	---	---	0:00:39	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0:00:10	0,5%
12 Paragem ao transpor carris	0:00:27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0:00:03	0,2%
<b>TOTAL:</b>	0:34:59	0:18:15	0:28:50	0:33:53	0:45:52	0:17:22	0:28:24	0:33:35	0:41:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:31:24	100%
<b>Paragens inesperadas + Paragens suscetíveis de análise</b>	0:34:59	0:18:15	0:28:50	0:33:53	0:45:52	0:17:22	0:28:24	0:33:35	0:41:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:31:24	100%



## ANEXO D

### Plano de ações KAIZEN, para a generalidade dos percursos

**Tabela 0.1.** Tabela de ações KAIZEN, onde constam propostas de soluções para os problemas identificados na totalidade dos percursos.

	Descrição do problema	Soluções propostas
1	Avarias de AGVs	- Correta manutenção; - Formar os operadores ao nível de equipamentos existentes, como manipular os equipamentos, como e quando deve atuar perante um disfuncionamento (associado aos equipamentos), regras para o bom funcionamento, cuidados na utilização dos mesmos, regras de segurança, funcionamento geral (RB, TB, AGV, processos (locais de espera(COD 86 e 82), postos de carregamento (COD 45), zonas).
2	KITs soltos	- Melhorar sistema de acoplamento; -Formação de pessoas. (Verificação do acoplamento entre KITs e na ligação dos mesmos com o AGV (postos de carregamento de KITs))
3	Falta de verificação do acoplamento entre KITs e na ligação dos mesmos com o AGV (postos de carregamento de KITs)	- Formação de pessoas. (Verificação do acoplamento entre KITs e na ligação dos mesmos com o AGV (postos de carregamento de KITs))
4	Paragens demoradas no local de espera para entrega de KITs vazios (inclui paragens (COD 05) por causa de AGVs sujeitos à mesma situação)	- Verificar se operadores existentes no picking são suficientes. Adequar o número de trabalhadores de acordo com as necessidades; - Otimizar o processo de entrega dos KITs vazios. Verificar condições disponíveis no local; - Alertar operador do picking para chamada do AGV; - Criação de sistema automático, de alerta ao operador; - Determinar a quantidade ideal de KITs disponíveis em todo o circuito.
5	Paragens demoradas no local de espera para entrega de KITs completos (inclui paragens (COD 05) por causa de AGVs sujeitos à mesma situação)	- Aumentar para 4 o número de KITs a transporte; - Implementar sistema gestão e de comunicação automática entre AGVs; - Alertar operadores para a influência negativa no processo, do transporte manual dos KITs.
6	Excesso de KITs vazios em locais de espera de KITs vazios (fim de linha HC, fim de linha MVM 02-11) - Transporte de KITs manualmente - Demora na ordem de avanço do AGV	- Evitar o transporte manual dos KITs.
7	Códigos de erro/estado não aparecem no painel de visualização. (AGV 1839)	- Verificar a avaria que está a causar o problema.
8	Zonas bloqueadas, sem AGVs a atravessar as mesmas. Zonas críticas: - Cruzamento (junto ao posto MVM 09 (colocação de baterias)) - (falha na indicação de saída de zona por parte	- Verificar qual o AGV que causa a anomalia; - A solução passa sempre pelo RESET na RB ou TB respetiva -> Formação das pessoas; - Colocação das RB e TB próximas dos locais em causa e de forma visível ao operador; - Identificar botões nas RB e TB.

	do AGV, movimentação de AGV necessita de RESET na TB, etc.)	
9	Zonas bloqueadas, por paragem de AGVs (disfuncionamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correta manutenção dos AGVs;</li> <li>- Efetuar limpeza frequente na área dos cruzamentos;</li> <li>- Resguardo nas bancadas para a queda de parafusos;</li> </ul>
10	Paragem simultânea de 2 AGVs em locais automáticos de espera. Avanço do AGV que se encontra atrás, antes do AGV que segue à frente comunicar a chegada ao ponto desejado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar para 4 o número de KITs a transporte;</li> <li>- Implementar sistema gestão e de comunicação automática entre AGVs;</li> <li>- Verificar o momento, no qual o AGV faz a leitura da TAG que comunica a saída desta zona de passagem, bloqueando a entrada neste local.</li> </ul>
11	Colisão entre KITs antes do aprovisionamento HC. (HC ESQ e HC DIR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar gestão por zona, de modo a evitar o encontro de AGVs neste local;</li> <li>- Implementar sistema gestão e de comunicação automática entre AGVs.</li> </ul>
12	KITs (pára-arranca para entrega)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar sistema gestão e de comunicação automática entre AGVs.</li> </ul>
13	Falta de STOCK de "caixas" proveniente da pintura. -> Confusão no transporte dos KITs HC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efetuar estudo para que se possa evitar este problema.</li> </ul>
14	Excesso de AGVs + KITs no local de espera para entrega	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar sistema gestão e de comunicação automática entre AGVs;</li> </ul>
15	Bloqueio de passagem por excesso de KITs em locais de entrega (nomeadamente quando estes são transportados manualmente) a AGVs de outros percursos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alertar os operadores para a influência negativa no processo, do transporte manual dos KITs.</li> <li>(Caso seja imprescindível fazê-lo, certificar o envio do AGV sem KITs, para responder às etapas seguintes do processo. Ou na melhor das hipóteses, transportar apenas 1 KIT de forma manual.)</li> </ul>
16	Mudança de rota dos AGVs	<p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existência de TAG no local anterior ao cruzamento. Verificar também o correto posicionamento e funcionamento da mesma;</li> <li>- Bom estado da banda magnética;</li> <li>- Correta manutenção AGV;</li> <li>- Correto design do cruzamento;</li> <li>- Correto nº de KITs a transporte (inércia dos movimentos);</li> <li>- Correto nivelamento do solo no local.</li> </ul>
17	Falha no carregamento nos postos de carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efetuar a correta manutenção do AGV e dos postos de carregamento.</li> <li>- Operador tem que se deslocar ao AGV para validar o seu avanço! -&gt; Então deve registar a anomalia e comunicar a mesma à manutenção.</li> </ul>
18	Tempo de carga insuficiente.	<p>Garantir tempo de carga suficiente (38% do Tempo de ciclo):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliar localização ótima para carregamento (local de espera antes da entrega);</li> <li>- Verificar se 1 posto de carregamento é o suficiente. -&gt; Novo posto de carregamento.</li> </ul>
19	Excesso de parafusos no chão (MVM 11) -> AGV arrasta os mesmos para cruzamento principal, ficando estes presos em zonas de cruzamento de banda magnética. -> Aumenta as paragens no local. (COD 102)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza frequente do último posto MVM 02-11;</li> <li>- Resguardo nas bancadas para a queda de parafusos;</li> </ul>
20	Parafusos no chão. -> Imobilização de AGVs (Transporte de parafusos nos KITs, e tratores de forma incorreta)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acondicionar caixas de parafusos durante o transporte.</li> </ul>
21	Empilhadores e AGVs em simultâneo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumprimento de regras de prioridade;</li> <li>- Vias independentes para circulação;</li> <li>- Estudo de armazém automático;</li> </ul>
22	Paragem do AGV em curvas, ao longo do trajeto linha montagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formação de operadores (importância dos KITs não estarem presentes naquela área);</li> <li>- Caracterizar zona como crítica: Pintar área, aviso luminoso enquanto presença de AGV, etc.;</li> </ul>
23	Dificuldade de locomoção à saída do posto de carregamento (MVM 02-11.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efetuar correta manutenção aos AGVs;</li> <li>- Efetuar limpeza, na área que engloba o posto de carregamento;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar soluções que aumentem o atrito, entre as rodas do AGV e o solo, neste local do circuito;</li> <li>- Analisar passagem do posto de carregamento para local de espera antes da entrega (situação mais vantajosa, tendo em conta o tempo observado de paragens).</li> </ul>
24	<p>Transporte de KITs à mão</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesso de KITs completos em locais de espera para entrega -&gt; dificuldade na passagem de outros AGVs de outros circuitos;</li> <li>impossibilidade de AGV se dirigir para posto de carregamento;</li> <li>- Excesso de KITs vazios em locais de espera de KITs vazios;</li> <li>- Excesso de KITs vazios em locais de entrega de KITs vazios -&gt; dificuldade na passagem do AGV -&gt; acumulação de AGVs num só local -&gt; aumento das anomalias no processo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formação operadores (importância para o bom funcionamento)</li> <li>- Privilegiar transporte por AGV (+ vantagens)</li> <li>- Se necessário transportar só 1 KIT de cada vez, de modo a não prejudicar o processo.</li> </ul>
25	Acrescento do pino de carga partido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reforçar ligação com pino de carga original;</li> <li>- Verificar sistema de acoplamento ao AGV;</li> <li>- Limitar quantidade de KITs a transporte;</li> </ul>
26	Paragem do AGV por falha nos circuitos (falta de banda magnética)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repor a banda magnética nos locais em falta.</li> <li>- Efetuar a correta manutenção dos circuitos (TAGs, banda magnética, postos de carregamento, etc.).</li> <li>- Limitar a circulação em simultâneo de AGVs e Empilhadores.</li> </ul>
27	Todos os AGVs referentes ao circuito no mesmo local	<p>Verificar anomalias no processo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporte de KITs manualmente;</li> <li>- Tempo do picking &gt; Takt time linha montagem;</li> <li>- Envio adequado de KITs;</li> </ul>
28	Todos os AGVs referentes ao circuito no mesmo local (nos percursos que envolvem troca de KITs não há o problema de KITs vazios para transporte, pois os KITs estão sempre acoplados ao AGV)	- A existir número de KITs suficiente no posto de aprovisionamento, garantir que AGVs se mantêm no posto de carregamento
29	Objetos mal posicionados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rever os limites para colocação de objetos. Ter em atenção as alterações executadas B9 - K9;</li> <li>- Formação operadores.</li> </ul>
30	Número de KITs transportado diferente ao estabelecido: - Impedimento na entrada do picking do AGV do MVM 02-11	<p>Acoplar ao AGV o número de KITs estabelecido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formação dos operadores (importância para o bom funcionamento)</li> </ul>
31	Paragem forçada do AGV para solução de problemas -> Criação de novo problema (AGV não avança para posto de carregamento) para dar solução a outro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formar os operadores ao nível de equipamentos existentes, como manipular os equipamentos, como e quando deve atuar perante um disfuncionamento (associado aos equipamentos), regras para o bom funcionamento, cuidados na utilização dos mesmos, regras de segurança, funcionamento geral (RB, TB, AGV, processos (locais de espera(COD 86 e 82), postos de carregamento (COD 45), zonas).</li> </ul>
32	Acionamento manual no AGV, para fins de: - Gestão de tráfego -> Problema mantém-se (zona bloqueada); Pode originar colisões ou novos disfuncionamentos se decisão não for ponderada (análise das condições envolventes). Ex: Acionamento de avanço com zonas bloqueadas,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formar os operadores ao nível de equipamentos existentes, como manipular os equipamentos, como e quando deve atuar perante um disfuncionamento (associado aos equipamentos), regras para o bom funcionamento, cuidados na utilização dos mesmos, regras de segurança, funcionamento geral (RB, TB, AGV, processos (locais de espera(COD 86 e 82), postos de carregamento (COD 45), zonas).</li> </ul>

	<p>acionamento de avanço em locais de espera para entrega.</p> <p>- Solucionar anomalias de processo -                  &gt; Pode levar a paragem prolongada (esquecimento de rearme do AGV) causando novos disfuncionamentos.                  Ex: Paragem forçada do AGV para solução de problemas.</p>	
33	<p>Manipulação abusiva de AGVs, RB e TB:</p> <p>- Má gestão de tráfego em AGVs e TB -&gt; Colisões e demoras prolongadas em cruzamentos.</p> <p>- Forçar o avanço em locais de espera e picking por pessoas sem ligação ao percurso.</p> <p>- Manipulação incorreta do AGV, RB e TB (reinícios desnecessários, manipulação errada, maus tratos dos equipamentos)</p>	<p>- Formação das pessoas para reatividade, bom funcionamento dos equipamentos</p> <p>- Restrição do pessoal no manipular de AGVs, RB e TB;</p> <p>- Manipulação de pessoal respetivo ao percurso -&gt; Evitar envios desnecessários, congestionamentos, disfuncionamentos.</p>
34	<p>Peças caem dos KITS</p>	<p>- Verificar correto processo de picking;</p> <p>- Verificar se compartimentos são os mais adequados;</p>
35	<p>Transformador desligado!                  Colocação do AGV a carregar manualmente, levou ao desligar do transformador do posto de carregamento.                  (A salientar que este posto de carregamento é o único no circuito.)</p>	<p>- Colocação de ficha tripla, forma a satisfazer as várias necessidades em simultâneo.</p>
36	<p>PLC</p> <p>Número de KITS transportado diferente ao estabelecido (transporte sucessivo de 2 KITS) -&gt; tempos de ciclo mais curtos -&gt; chegada ao picking mais rápido -&gt; havendo KITS completos é logo acionado o seu avanço -&gt; AGV não carrega!                  (Seria interessante se existisse mais postos de carregamento ou o acionamento para avanço no picking fosse controlado)</p>	<p>- Envio de KITS na quantidade estabelecida;</p> <p>- Garantir tempo de carga suficiente (38% do Tempo de ciclo);</p> <p>- Verificar se 1 posto de carregamento é o suficiente. -&gt; Novo posto de carregamento.</p>
37	<p>Pára-arranca para troca de KITS (intervalo de tempo demorado)</p>	<p>- Equacionar implementação de local de espera com posto de carregamento;</p> <p>- Equacionar implementação de métodos de comunicação, para saída controlada do picking (de modo a garantir um tempo máximo de carregamento, sem comprometer a sua chegada a tempo no local de aprovisionamento);</p>
38	<p>Manipulação do AGV por pessoas sem formação e muitas vezes sem ligação à zona de trabalho.</p>	<p>- Formar os operadores ao nível de equipamentos existentes, como manipular os equipamentos, como e quando deve atuar perante um disfuncionamento (associado aos equipamentos), regras para o bom funcionamento, cuidados na utilização dos mesmos, regras de segurança, funcionamento geral (RB, TB, AGV, processos (locais de espera(COD 86 e 82), postos de carregamento (COD 45), zonas).</p>