

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Inês Capelas Rodrigues

Melhoria do desempenho operacional numa oficina de reparação automóvel

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade

Trabalho efetuado sob a orientação de

**Professora Doutora Carina Maria Oliveira
Pimentel**

Professor Doutor Luís Miguel da Silva Dias

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

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

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar o meu sincero agradecimento a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto.

Primeiramente, agradeço aos meus orientadores, Professora Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel e Professor Doutor Luís Miguel da Silva Dias pela colaboração, interesse e ensinamentos valiosos.

Agradeço também à entidade acolhedora, a MMCA, pela oportunidade de realizar o meu projeto, e a todos os colaboradores que me receberam e auxiliaram de alguma forma. Um agradecimento especial à Sónia, cuja amabilidade e assistência foram inestimáveis.

Por fim, mas não menos importante, agradeço à minha família e amigos, especialmente aos meus pais e à minha tia Ana, por serem o meu apoio constante e o meu porto seguro. Com todo o meu carinho, dedico este trabalho a vocês.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

Melhoria do desempenho operacional numa oficina de reparação automóvel

Resumo

O presente projeto de dissertação foi desenvolvido numa empresa de serviços de manutenção e reparação automóvel, que inclui serviços de pintura. Os processos de preparação da pintura e pintura podem ser de longa duração o que, combinados com a alta procura dos clientes, resultam num gargalo significativo nas operações da organização. Como tal, o objetivo principal deste projeto é melhorar o desempenho operacional da oficina recorrendo à abordagem *Lean*, além de avaliar qual é o estado de arte relativamente à adoção e manutenção de técnicas e ferramentas *Lean* no setor de reparação automóvel.

A metodologia de investigação usada foi a *Action-Research*. No entanto, devido a restrições no projeto, o ciclo da metodologia não foi completo, focando-se esta dissertação na identificação de oportunidades de melhoria, assim como no desenvolvimento de propostas de solução. Para fundamentar as sugestões de melhorias, foram realizadas medições dos tempos das atividades diárias dos operadores, bem como a contagem de defeitos nos automóveis. Além disso, foram consideradas observações, perceções individuais e interações informais com os colaboradores envolvidos nos processos. Com isso, identificaram-se, principalmente, desperdícios relacionados com a movimentação dos operadores para a obtenção de materiais, o transporte de veículos e os defeitos de pintura, estes últimos associados ao fator humano, ao material utilizado e à contaminação da estufa. Como resultado, procura-se estabelecer um fluxo produtivo contínuo e estável, através do fortalecimento do trabalho de equipa, da padronização das atividades e da promoção da limpeza e organização do espaço de trabalho. Desta forma, pretende-se aumentar a produtividade, a eficiência operacional, a qualidade e a motivação dos colaboradores, numa perspetiva de busca contínua pela perfeição.

Para a análise do estado da arte, foi realizada uma pesquisa estruturada da literatura, a partir da qual se concluiu que a implementação do *Lean* nos serviços de pós-venda de reparação e manutenção ainda se encontra numa fase embrionária e pouco desenvolvida. Este projeto de dissertação visa, por isso, contribuir para o conhecimento científico e prático através da aplicação da filosofia *Lean* e do software de simulação SIMIO®, num setor de serviços pós-venda como a reparação automóvel, caracterizado por uma elevada necessidade de mão-de-obra e pela singularidade de cada cliente e veículo.

Palavras-chave: Investigação-Ação, *Lean Service*, Reparação Automóvel, Serviços Pós-Venda, Simulação, Simio.

Improving operational performance in a car repair shop

Abstract

This dissertation project was implemented at car maintenance and repair services company, which includes painting services. The paint preparation and painting processes can take a long time which, combined with high customer demand, results in a significant bottleneck in the organisation's operations. As such, the main aim of this project is to improve the workshop's operational performance using the *Lean* approach, as well as to assess the literature regarding the adoption and maintenance of *Lean* techniques and tools in the car repair sector.

The research methodology used was *Action-Research*. However, due to project restrictions, the methodology cycle was not completed, with this dissertation focussing on identifying opportunities for improvement, as well as developing proposed solutions. To support suggestions for improvement, measurements were taken of the times of the operators' daily activities, as well as a count of car defects. Observations, individual perceptions and informal interactions with the employees involved in the processes were also taken into account. As a result, waste was mainly identified in terms of the movement of operators to obtain materials, the transport of vehicles and paint defects, the latter associated with the human factor, the material used and contamination of the oven. As a result, the aim is to establish a continuous and stable production flow by strengthening teamwork, standardising activities and promoting the cleanliness and organisation of the workspace. Therefore, the aim is to increase productivity, operational efficiency, quality and employee motivation, with a view to continually strive for perfection.

In order to analyse the literature, a structured literature search was carried out, from which it was concluded that the implementation of *Lean* in after-sales repair and maintenance services is still at an embryonic and underdeveloped stage. Consequently, this dissertation project aims to contribute to scientific and practical knowledge through the application of *Lean* philosophy and SIMIO® simulation software in an after-sales service sector such as car repair, characterised by high labour requirements and the uniqueness of each customer and vehicle.

Keywords: Action Research, *Lean Service*, Car Repair, After Sales Services, Simulation, Simio.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract.....	v
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	xii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	xiv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos e Resultados Esperados.....	1
1.3 Metodologia de Investigação	2
1.4 Estrutura da dissertação	5
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1 Serviços Pós-Venda no Setor Automóvel	7
2.1.1 Setores de atividade.....	7
2.2.2 Cadeia de valor	8
2.2 Lean Manufacturing	9
2.2.1 Desperdícios e Princípios Lean	10
2.2.2 Técnicas e ferramentas Lean	11
2.3 Lean Service.....	14
2.3.1 Lean em Serviços Pós-Venda no setor automóvel.....	14
2.3.2 <i>Lean</i> em oficinas de reparação automóvel	15
2.4 Metodologias e softwares de apoio	19
2.4.1 BPMN.....	19
2.4.2 SIMIO	23
3. Apresentação e caracterização da empresa	25

3.1 Enquadramento	25
3.2 Diretrizes estratégicas	26
3.3 Estrutura organizacional e instalações físicas	27
3.4 Sistema produtivo.....	28
4. Análise e Diagnóstico da situação atual.....	31
4.1 Fluxo Produtivo	31
4.1.1 Preparação da pintura.....	31
4.1.2 Pintura.....	33
4.2 Modelação e Simulação da Preparação e Pintura.....	35
4.3 Zona de Apoio à pintura.....	45
4.4 Deslocações	45
4.5 Pintura	47
5. Propostas de melhoria.....	51
5.1 Melhorias no Fluxo Produtivo	51
5.1.1 Preparação da pintura.....	51
5.1.2 Pintura.....	52
5.2 Aplicação do 5S na Zona de Apoio à pintura	54
5.3 Alteração do layout do Lote 4	56
5.3.1 Contabilização de custos.....	57
5.3.2 Zona de Apoio 2 (carrinhos)	58
5.4 Soluções para a diminuição de defeitos na Pintura.....	61
5.4.1 Instruções de Trabalho.....	64
5.4.2 Planos de Manutenção e Limpeza	65
6. Conclusões.....	67
6.1 Considerações finais	67
6.2 Limitações.....	69

6.3 Trabalhos futuros	69
Referências bibliográficas	71
Apêndice 1 - Sistema Produtivo Lote 4 (BPMN)	76
Apêndice 2 - Processos Simio	79
Apêndice 3 - Tempos e Estocástica (SIMIO).....	82
Apêndice 4 - Folha de contagem de defeitos	84
Apêndice 5 - Tempos de deslocções (<i>Layout</i> atual)	85
Apêndice 6 - Tempos de deslocções (Carrinhos)	86
Apêndice 7 - Ilustrações de possíveis causas de lixos ou impurezas na Pintura	87
Apêndice 8 - Ficha de Registo e Lista de Verificação	88
Apêndice 9 - Exemplar de um formulário para uma Auditoria 5S	89
Apêndice 10 - Instruções de Trabalho	90
Apêndice 11 - Programas de Manutenção	93
Apêndice 12 - Exemplar Plano de Manutenção	94

Índice de Figuras

Figura 1 - Cadeia de valor pós-venda automóvel	8
Figura 2 - Notação BPMN	20
Figura 3 - Vista exterior da empresa MMCA Lda.	25
Figura 4 - Organograma MMCA.....	27
Figura 5 - Layout MMCA	27
Figura 6 - Zona de preparação da pintura, com veículos fora da área de preparação.....	32
Figura 7 - Proporção de VA e NVA por colaborador, na Preparação	33
Figura 8 - Proporção de VA e NVA por colaborador, na Pintura	35
Figura 9 - Modelo geral no software SIMIO do processo de Preparação e Pintura	35
Figura 10 - Representação e caracterização dos workers no SIMIO.....	36
Figura 11 - Workers nas respetivas áreas de preparação (SIMIO).....	37
Figura 12 - Evolução do tempo de uma operação de preparação	37
Figura 13 - Operador Fixo com veículo destinado ao pintor "Y"	38
Figura 14 - Funcionamento da estufa: Servers de pintura e cozimento	38
Figura 15 - Fila de espera para entrada na estufa (runtime de 50)	38
Figura 16 - Estado de Ocupação da Estufa ao longo do tempo.....	39
Figura 17 - Processo de inicialização na entrada de veículos	39
Figura 18 - Distribuição de Pert (exemplo para parâmetros do Operador X: 1.1, 2.3 e 4)	40
Figura 19 - Definição do tempo de preparação no processo do Operador X.....	41
Figura 20 - Definição do tempo de pintura no processo do Operador X	41
Figura 21 - Definição do tempo de cozimento no processo do Operador X	42
Figura 22 - Pintor a efetuar a pintura e kanban desativado	42
Figura 23 - Pintor a voltar à respetiva APP e kaban ativado.....	43
Figura 24 - Veículo na fase de cozimento e fila de espera na pintura	43

Figura 25 - Gráficos referentes ao WIP e tempo entre saídas (runtime de 20 horas)	44
Figura 26 - Gráficos referentes ao WIP e tempo entre saídas (runtime de 40 horas)	44
Figura 27 - Deslocações dos preparadores e pintores (layout atual)	45
Figura 28 - Defeitos da pintura.....	47
Figura 29 - Diagrama de Pareto	50
Figura 30 - Cenários hipotéticos de grupos de trabalho nas áreas de preparação.....	51
Figura 31 - Aplicação dos primeiros 3S na zona de apoio à pintura.	54
Figura 32 - Intervenção 2S com restos de tintas.....	55
Figura 33 - Proposta de alteração de layout.....	57
Figura 34 - Constituição de um carrinho.....	59
Figura 35 - Resumo das propostas de melhoria.....	66
Figura 36 - BPMN (Receção, Mecânica e Desmontagem/Montagem)	76
Figura 37 - BPMN (Preparação da pintura, Pintura, Polimento e Lavagem)	77
Figura 38 - BPMN (Controlo da Qualidade).....	78
Figura 39 - Processo que movimenta o operador associado ao veículo quando o espaço de pintura fica disponível	79
Figura 40 - Processo que liberta o operador utilizado no final da pintura	79
Figura 41 - Processo que define o tempo de cozimento para efeitos de animação.....	79
Figura 42 - Processos auxiliares que a cada 0,1 horas decidem a continuidade da preparação	80
Figura 43 - Processo que liberta a estufa e regista estatísticas.....	81
Figura 44 - Processo que transita para o operador Y as preparações do Fixo	81
Figura 45 - Processo que atualiza variáveis estatísticas	81
Figura 46 - Processo que atribui uma figura aleatória aos veículos apenas para efeitos de animação .	81
Figura 47 - Folha de Contagem de Defeitos da Pintura	84
Figura 48 - Filtros saturados e com lixo.....	87

Figura 49 - Fatos de pintura mal armazenados.....	87
Figura 50 - Bicos dos doseadores de tinta contaminados.....	87
Figura 51 - Réguas de diluição contaminadas.....	87
Figura 52 - Sujidade na cave de rodas	87
Figura 53 - Ficha de Registo Zona de Apoio à pintura	88
Figura 54 - Lista de Verificação Zona de Apoio à pintura.....	88
Figura 55 - Formulário Auditoria 5S	89
Figura 56 - Instrução de Trabalho Cabine de Pintura	90
Figura 57 - Instrução de Trabalho limpeza das superfícies a pintar, página 1	91
Figura 58 - Instrução de Trabalho limpeza das superfícies a pintar, página 2	92
Figura 59 - Programa de Manutenção da Cabine de Pintura ou Estufa.....	93
Figura 60 - Programa de Manutenção Área de Preparação da Pintura	93
Figura 61 - Plano de Manutenção (filtros do teto) da Estufa	94
Figura 62 - Plano de Manutenção (filtros do grupo de extração) da Área de Preparação	95

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Análise geral dos artigos	16
Tabela 2 - Resumo de metodologias, ferramentas e técnicas utilizadas em oficinas	16
Tabela 3 - Resumo de artigos Lean em oficinas de reparação automóvel	17
Tabela 4 - Descrição da Notação BPMN 2.0	21
Tabela 5 - Objetos SIMIO utilizados (Pegden, 2009)	23
Tabela 6 - Steps SIMIO utilizados	24
Tabela 7 - Tempo das tarefas NVA da Preparação	32
Tabela 8 - Tempo Total de Preparação (VA + NVA)	33
Tabela 9 - Tempo das tarefas NVA da Pintura.....	34
Tabela 10 - Tempo Total de Pintura (VA + NVA).....	34
Tabela 11 - Valores máximos e mínimos da Preparação, por colaborador	40
Tabela 12 - Custo mensal estimado das deslocações (layout atual)	46
Tabela 13 - Média de defeitos numa pintura geral por pintor	48
Tabela 14 - Causas potenciais de Defeitos na Pintura.....	49
Tabela 15 - Soluções de melhoria para o processo de Preparação da pintura	52
Tabela 16 - Soluções de melhoria para o processo de Pintura	53
Tabela 17 - Custo mensal das deslocações (carrinhos).....	58
Tabela 18 - Quantidades e frequência de reposição dos materiais no carrinho.....	59
Tabela 19 - Exemplificação do controlo de stock num carrinho (discos de lixa).....	60
Tabela 20 - Soluções para a diminuição de defeitos	62
Tabela 21 - Tempos de Pintura e Cozimento do Operador X (SIMIO).....	82
Tabela 22 - Tempos de Pintura e Cozimento do Operador Y (SIMIO).....	82
Tabela 23 - Tempos de Pintura e Cozimento do Operador Z (SIMIO).....	83
Tabela 24 - Contabilização dos tempos das deslocações ao Armário (ida e volta).....	85

Tabela 25 - Contabilização dos tempos das deslocações à Zona de Apoio (ida e volta)	85
Tabela 26 - Contabilização dos tempos de deslocação até ao carrinho.....	86

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

APP - Área(s) de Preparação da Pintura

BPMN - *Business Process Model and Notation*

IT - Instrução de Trabalho

KPI's - *Key Performance Indicators*

NVA - Não valor acrescentado

SIMIO - *Simulation Modeling framework based on Intelligent Objects*

VA - Valor acrescentado

WIP - *Work-In-Process*

1. Introdução

Este capítulo apresenta um enquadramento do tema em estudo, os seus objetivos e resultados esperados, seguindo-se a apresentação da metodologia adotada para responder às questões de investigação. Por último, é feita uma descrição da estrutura adotada ao longo do documento.

1.1 Enquadramento

A intensificação da competição global, o aumento das exigências dos clientes e os custos mais elevados de materiais e energia nos últimos anos obrigaram muitas empresas a modificar e melhorar continuamente as suas operações, tanto ao nível estratégico como ao nível tático (Zhou, 2016).

O *Lean Manufacturing* tem sido uma “estratégia amplamente aceite para melhorar o desempenho empresarial em várias indústrias”(Panwar et al., 2015), sendo baseado na filosofia, princípios, ferramentas e técnicas do *Toyota Production System* (TPS). Na última década, a metodologia *Lean* expandiu-se silenciosamente além da manufatura, tornando-se uma metodologia de melhoria para indústrias de serviços (Chávez Guachamín & Burneo Arteaga, 2021). Para os fabricantes de produtos primários, a prestação de serviços pós-venda representa uma oportunidade de diferenciação competitiva (Dombrowski & Malorny, 2018). Os Serviços Pós-Venda, como a manutenção e reparo de automóveis, permitem um contacto contínuo com os clientes e têm um impacto significativo na fidelização à marca, na recompra e na receita da empresa. No entanto, o estado atual da implementação *Lean* nestes serviços ainda está numa fase embrionária e pouco desenvolvida (Arlinghaus & Knizkov, 2020).

A MMCA, localizada em Guimarães, é uma empresa dedicada a prestar Serviços Pós-Venda de reparação e manutenção de automóveis. A oficina automóvel opera com um elevado volume e ritmo de trabalho, sendo as atividades de preparação da pintura e pintura geralmente de elevada duração o que gera um gargalo significativo na organização. Além disso, a pintura, é um serviço de alto valor acrescentado para o cliente, tornando-se assim uma das áreas centrais da empresa. Com o objetivo de melhorar o desempenho operacional dos processos de preparação da pintura e pintura, e fortalecer a sua posição no mercado, a empresa apoiou o desenvolvimento desta dissertação, que se fundamenta na filosofia *Lean*.

1.2 Objetivos e Resultados Esperados

Um dos objetivos desta dissertação é analisar o estado da implementação do *Lean* no setor de reparação e manutenção automóvel, investigando as subáreas envolvidas, a localização e tipo de estudo realizado,

as ferramentas aplicadas e as medidas de desempenho utilizadas na literatura. Adicionalmente, esta dissertação tem como objetivo, num contexto prático, propor melhorias nos processos de preparação da pintura e pintura. Para atingir este objetivo principal delinearam-se os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar os processos operacionais e identificar desperdícios;
- Utilizar o software de simulação para modelar e avaliar o fluxo de trabalho atual, recolhendo dados reais;
- Reorganizar o ambiente de trabalho para a melhoria da eficiência operacional utilizando ferramentas e técnicas *Lean*;
- Identificar as causas dos defeitos encontrados na pintura e desenvolver soluções específicas para reduzi-los, visando melhorar a qualidade do produto final e os custos associados ao retrabalho.

Por forma a dar resposta aos objetivos definidos foram formuladas as seguintes Questões de Investigação:

1. Qual é o estado de arte relativamente à adoção e manutenção de técnicas e ferramentas *Lean* em oficinas automóveis?
2. Como o desempenho operacional numa oficina de reparação automóvel pode ser melhorado através da adoção de uma abordagem *Lean*?

No final deste projeto espera-se melhorar o desempenho operacional e financeiro da empresa, refletindo-se positivamente na satisfação do cliente. Os resultados específicos esperados, após a implementação das medidas de melhoria são:

- Reduzir desperdícios de valor não acrescentado;
- Melhoria da produtividade e eficiência operacional;
- Redução dos custos gerais das operações;
- Melhoria na gestão de viaturas;
- Estabelecimento de um fluxo produtivo fluido;
- Melhoria na organização do espaço de trabalho;
- Melhoria da qualidade do produto e serviço.

1.3 Metodologia de Investigação

A filosofia adotada para esta investigação será o **Positivismo**, que considera que o conhecimento verdadeiro é alcançado através do método científico, centrando-se em factos observáveis e mensuráveis.

Dentro deste contexto, o pesquisador adota uma postura isenta de valores, buscando a neutralidade e independência em relação ao tema em estudo (Saunders et al., 2019). A filosofia positivista tende a seguir uma abordagem **dedutiva**, isto é, procura validar teorias, desenvolvidas com base no conhecimento existente, a partir da recolha e respetiva análise de dados, seguindo tipicamente uma abordagem estruturada. Para a recolha e análise de dados será utilizado o **método misto**, combinando técnicas quantitativas, como cronometragens de tempos e qualitativas, como entrevistas não estruturadas e observações aos colaboradores. O horizonte temporal considerado é **transversal**, pois é um estudo localizado no tempo.

A estratégia adotada para responder à **Questão de Investigação 1** foi a pesquisa estrutura da literatura. Inicialmente, definiu-se a questão de investigação e o objetivo (conforme abordado anteriormente no ponto 1.2). Em seguida, foi realizada uma busca de artigos em bases de dados académicas, utilizando palavras-chaves pertinentes ao tema. Posteriormente, foram lidos e avaliados os títulos, resumos e palavras-chave de cada estudo para determinar a sua inclusão ou exclusão da análise. Dados relevantes foram extraídos dos estudos selecionados. Estas etapas serão descritas com mais detalhe na secção 2.3.2.

A estratégia de investigação utilizada para responder à **Questão de Investigação 2**, mencionada anteriormente no ponto 1.2, foi a **Investigação-Ação** (*Action Research*). Esta abordagem destaca-se pelo seu carácter participativo e simultânea à ação, visando resolver problemas por meio de um processo colaborativo. A Investigação-Ação não só oferece soluções para problemas específicos, mas também contribui para o avanço do conhecimento e teoria científica. Segundo Coughlan e Coughlan (2002), o ciclo da Investigação- Ação é composto por três etapas:

1. **Pré-etapa:** Consiste em compreender, primeiramente, o contexto e o objetivo do projeto questionando a sua justificativa e contribuição para o conhecimento científico. Este projeto de dissertação foi conduzido numa oficina de automóveis que presta serviços de reparação e manutenção para diversas marcas. A oficina lida com um elevado volume e ritmo de trabalho, com o processo de pintura e a sua preparação a representar um gargalo significativo na empresa. O objetivo deste trabalho é melhorar o desempenho operacional destes processos, reduzindo os desperdícios e garantindo a entrega rápida e consistente de um produto de alta qualidade. Além disso, o projeto procura estabelecer uma base científica para a aplicação de ferramentas de simulação combinadas com a aplicação de métodos, ferramentas e princípios *Lean* num setor caracterizado por alta variedade nos seus processos e produtos.

2. Etapa principal constituída por seis sub-etapas.

- 2.1. **Recolha de dados:** A recolha de dados envolve dois tipos principais: dados "duros", que são objetivos e mensuráveis, e dados "suaves", que são mais subjetivos e baseados em perceções. O investigador recolhe dados através da participação ativa na rotina da organização e realizando intervenções, com observações ocorrendo tanto em contextos formais como informais. No âmbito deste projeto, os dados "duros" foram recolhidos através da medição dos tempos das atividades realizadas diariamente pelos operadores e da contagem de defeitos no automóvel, ambos através de observação direta no local. Em contrapartida, os dados "suaves" foram obtidos através de observações e perceções individuais, além de interações informais com os colaboradores ligados diretamente ou indiretamente aos processos analisados.
- 2.2. **Feedback dos dados:** Nesta fase o investigador apresenta os dados recolhidos à organização ou grupo envolvido, permitindo a sua análise e discussão. Neste projeto, os dados recolhidos, acompanhados das perspetivas individuais sobre possíveis melhorias, foram apresentados à gerência e a membros chave da organização. Isso permitiu que os dados fossem avaliados em conjunto e discutidos de forma a identificar e implementar melhorias.
- 2.3. **Análise dos dados:** Análise e interpretação dos dados devem ser realizadas de forma colaborativa, ou seja, o investigador e os membros da organização (ou grupo envolvido) devem trabalhar juntos para entender e interpretar os dados recolhidos. Como são os próprios membros da organização que vão implementar as mudanças ou ações baseadas na análise de dados, e possuem um conhecimento mais aprofundado sobre o seu ambiente, desafios e necessidades, foi fundamental estabelecer o seu envolvimento neste projeto. Para analisar os dados dos tempos de operação recolhidos, estes foram organizados por colaborador numa folha de Excel, onde foram calculadas as médias e o desvio padrão para cada tipo de tarefa (VA - Valor acrescentado e NVA - Não Valor Acrescentado), dos processos de pintura e de preparação da pintura. Os dados relativamente aos defeitos, foram também agrupados por colaborador responsável, numa folha de Excel. Esta análise permitiu identificar os problemas específicos e estabelecer ações de melhoria.
- 2.4. **Planeamento de ações:** Esta fase, consiste em definir um curso de ações de modo a resolver os problemas identificados anteriormente. Nesta etapa foram planeadas, conjuntamente ações de melhoria relativamente à reengenharia dos processos e à melhoria da qualidade do produto. Esta foi a etapa principal abordada neste projeto, que fez uso da ferramenta de simulação Simulation Modeling framework based on Intelligent ObjectsSIMulation (SIMIO) e dos princípios, técnicas e ferramentas *Lean*.

- 2.5. **Implementação:** A fase de implementação envolve a colocação em prática do plano de ações, colaborando estritamente com os membros chave da organização para garantir que tudo seja executado conforme o planejado. Esta fase envolve a realização de mudanças nos processos, a introdução de novas práticas e o comprometimento de todos os envolvidos para garantir que as alterações sejam efetivas e bem-sucedidas. No entanto, esta fase não foi concretamente aplicada neste projeto, devido a limitações de tempo.
- 2.6. **Avaliação:** Consiste em analisar os resultados das ações implementadas em relação aos objetivos estabelecidos. Nesta etapa, é crucial refletir sobre os resultados alcançados, proporcionando insights valiosos para orientar ações futuras. Embora esta fase também não tenha sido concretizada neste projeto, espera-se que as ações de melhoria propostas, quando implementadas, estejam alinhadas com os resultados esperados, sendo estes um ponto de referência para futuras melhorias.
3. **Monitorização:** Consiste na monitorização contínua de todos os processos descritos anteriormente. Isso envolve verificar se as etapas estão a ser seguidas corretamente, questionar como estão a ser executadas e considerar as suposições que podem estar a influenciar o trabalho.

O projeto geral de investigação-ação pode ser visto como um ciclo maior com vários ciclos menores dentro dele. Além disso, enquanto os membros da organização se focam nos resultados práticos, o pesquisador deve se preocupar não apenas com o funcionamento do projeto, mas também com o processo de aprendizagem e a própria investigação. Nesse sentido, neste projeto, foram descritas as questões e metodologia da investigação bem como as ferramentas e meios necessários para o seu desenvolvimento, além de uma reflexão final e recomendações para trabalhos futuros.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, cada um com subcapítulos.

No capítulo 1, realiza-se uma introdução ao projeto de dissertação que inclui o enquadramento ao tema, os objetivos a atingir e a metodologia de investigação utilizada, com as respetivas questões de investigação.

No capítulo 2, é apresentada a revisão bibliográfica relacionada com temas dos serviços pós-venda automóvel, *Lean Manufacturing*, e *Lean Service*, com foco na aplicação do *Lean* em serviços de reparação e manutenção automóvel. Por fim, é feita uma breve revisão da metodologia e software de apoio utilizado, que englobam o *Business Process Model and Notation* (BPMN) e o SIMIO.

O capítulo 3, é dedicado à apresentação e caracterização da empresa onde foi desenvolvida esta dissertação, a MMCA, sendo abordado a sua localização, tipo de serviços, valores orientadores, estrutura organizacional e instalações físicas. Para concluir, é também descrito o sistema produtivo da organização dedicado a um segmento específico de clientes de interesse.

O capítulo 4, consiste na descrição e análise crítica da situação atual dos processos em estudo, preparação da pintura e pintura, adotando uma perspectiva *Lean*.

No capítulo 5, apresentam-se as diferentes propostas de melhoria desenvolvidas para uma possível resolução dos problemas anteriormente detetados.

Por fim, o capítulo 6, expõe as principais conclusões retiradas, limitações do estudo efetuado e sugestões para trabalho futuro.

No final destes capítulos, surgem as referências bibliográficas e os anexos.

2. Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica abrangente sobre Serviços Pós-venda, *Lean Manufacturing* e *Lean Service*, com foco particular na aplicação do *Lean* em oficinas de automóveis, visando responder à **Questão de Investigação 1**. Além disso, serão descritas brevemente as metodologias/ softwares de apoio utilizados, nomeadamente o BPMN e o SIMIO. Esta revisão foi fundamentada em fontes primárias, como atas de conferência, e em fontes secundárias, como livros e revistas científicas indexadas na *Web of Science* e na *Scopus*.

2.1 Serviços Pós-Venda no Setor Automóvel

Os serviços pós-venda são geralmente utilizados para descrever os serviços prestados após a venda de um produto, com o propósito de apoiar o consumidor ao longo do ciclo de vida do produto (Shokouhyar et al., 2020). Estes serviços não só aumentam a rentabilidade da empresa, podendo ultrapassar três vezes o volume de negócios do produto original, como também desempenham um papel crucial na retenção e fidelização dos clientes à marca, no desenvolvimento de novos produtos e na melhoria contínua da qualidade (Gaiardelli et al., 2007). Um ponto crucial deste tipo de serviços é o contacto próximo e a longo prazo com o cliente, onde a qualidade prestada tem um impacto direto na satisfação do cliente e, consequentemente, nas suas atitudes comportamentais e intenções futuras (Fazlzadeh et al., 2011). Desta forma, a importância dos serviços pós-venda está a ser mais reconhecida na indústria automóvel, à medida que percebem que representa uma importante fonte estratégica de diferenciação e vantagem competitiva (Shokouhyar et al., 2020).

2.1.1 Setores de atividade

Existem três setores de atividade que compõe tipicamente o serviço após venda no setor automóvel: serviços ao cliente, peças de reposição e acessórios (Eslava-Bautista et al., 2021).

Os **serviços ao cliente** incluem todos os serviços que proporcionam benefícios aos proprietários dos automóveis durante o ciclo de vida do veículo. Os serviços podem ser divididos em categorias técnicas e não técnicas. Serviços técnicos abrangem todas as atividades que reservam e restauram a mobilidade e a qualidade do carro, como revisão, instalação ou reparos após acidentes. “Pré-venda” e “venda” englobam todos os serviços não técnicos que apoiam a promoção, marketing e venda do veículo, como financiamentos, seguro e personalização do veículo. Estes processos e serviços têm como principais recursos: pessoal, informação, infraestruturas, equipamentos técnicos, que envolvem cargas de trabalho

variáveis para técnicos, formação interna, instruções, materiais, ferramentas, formatos de oficina e ambientes de trabalho sujeitos a mudanças constantes (Eslava-Bautista et al., 2021).

A área de fornecimento de **peças de reposição** é responsável pela previsão da procura, pela gestão, produção, distribuição e armazenamento de peças sobressalentes, sendo funções que podem ser agrupadas e examinadas em duas vertentes: física (envolve armazenamento de *stock* e transporte) e informacional (contendo o processamento de pedidos e reposição de peças sobressalentes)(Eslava-Bautista et al., 2021).

O setor dos **acessórios** lida com áreas comerciais, equipamento técnico e individualização de produtos tais como rádios, GPS, estofos, jantes de alumínio, entre outros (Eslava-Bautista et al., 2021).

2.2.2 Cadeia de valor

A cadeia de fornecimento automóvel pós-venda envolve uma série de etapas e partes interessadas que para além de prestarem serviços pós-venda, desempenham papéis cruciais no fornecimento de peças e acessórios automóveis aos clientes finais.

Segundo Breitschwerdt et al. (2017) existem cinco grupos de partes interessadas que interagem entre si: fabricantes de peças, distribuidores de peças, oficinas, intermediários e clientes finais. E ainda, dois modelos de fornecedores: OEMs “Original Equipment Manufacturers” (fabricantes de equipamentos originais, em português) e IAM “Independent Aftermarket” (mercado de reposição independente, em português) (Figura 1). Ou seja, os consumidores podem optar entre o canal do fabricante original ou o independente para adquirirem peças de reposição e acessórios, promovendo um mercado mais diversificado e competitivo capaz de satisfazer eficazmente as necessidades dos clientes (Achetoui et al., 2022).

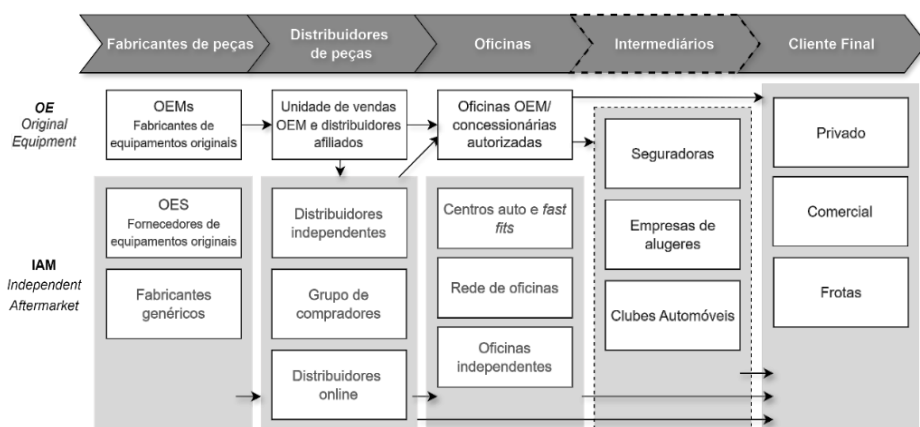


Figura 1 - Cadeia de valor pós-venda automóvel
(adaptado de Breitschwerdt et al. (2017))

Nas oficinas, os *stakeholders* comercializam peças e acessórios e prestam serviços como manutenção, reparação, instalação e personalização automóvel. Muitos dos *stakeholders* só interagem diretamente com os clientes nesta fase, o que lhes possibilita compreender melhor as suas necessidades, impulsionar o desenvolvimento de novos serviços de valor acrescentado e aumentar as oportunidades para a venda cruzada (Dombrowski & Engel, 2014). Geralmente, as empresas do setor automóvel prestam serviços pós-venda por meio dos seus concessionários, que utilizam peças de reposição originais e estão associados a marcas específicas de automóveis (Shokouhyar et al., 2020). Em contraste, as oficinas independentes prestam suporte a várias marcas da indústria automóvel e o âmbito dos seus serviços varia significativamente, podendo utilizar tanto peças de reposição originais quanto genéricas (Dombrowski & Engel, 2014).

Os clientes são os destinatários finais de produtos e serviços pós-venda e, são a entidade mais importante das partes interessadas, pois são as suas preferências que impulsionam a dinâmica do setor pós-venda automóvel (Dombrowski & Engel, 2014). Este grupo engloba tanto proprietários individuais de veículos como proprietários empresariais, que podem avaliar a qualidade do serviço prestado tendo em conta fatores como o tempo de resposta, o tempo de reparo, relação preço/desempenho, opções de contrato de serviços, disponibilidade de peças de reposição e o comportamento geral dos técnicos (Shokouhyar et al., 2020).

2.2 Lean Manufacturing

O conceito *Lean Manufacturing* surgiu no Japão, no período após a segunda guerra mundial, na empresa automóvel *Toyota*, onde engenheiros japoneses como o Taiichi Ohno e Shigeo Shingo desenvolveram o conhecido *Toyota Production System* (TPS) (Stone, 2012). Contudo, foram James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross que popularizaram o conceito *Lean Manufacturing*, em 1990, através do livro *The Machine that Changed the World*, um livro que comparou e destacou os métodos de produção japoneses na indústria automóvel, com os sistemas tradicionais de produção em massa ocidentais, originalmente desenvolvidos por Henry Ford (Melton, 2005).

O *Lean Manufacturing* pode ser definido como uma filosofia de gestão, um modo de pensar, um procedimento, um sistema sociotécnico, um conjunto de práticas, princípios e ferramentas *Lean* que permitem coordenar e apoiar as operações envolvidas em qualquer organização, podendo estender-se ao longo de toda a sua cadeia de fornecimento (Bhamu & Sangwan, 2014).

O principal objetivo do *Lean Manufacturing* é produzir produtos de alta qualidade alinhados com a procura (*Just-In-Time*), minimizando tempo e custos pela eliminação contínua de desperdícios na organização (Gupta & Jain, 2013). Como preconizado por Womack & Jones (2003) é sobre “*doing more with less*”. Além disso, o *Lean Manufacturing* concentra-se em práticas relacionadas aos recursos humanos, investindo em mecanismos de envolvimento dos colaboradores ao nível das equipas e ao nível individual. Reconhece que os colaboradores são elementos fundamentais para sustentar os processos, identificar e resolver problemas e cultivar uma cultura de melhoria e aprendizagem contínua.

O *Lean Manufacturing* proporciona às organizações uma vantagem competitiva, trazendo vários benefícios quantitativos e qualitativos. No entanto, é necessário, um esforço significativo para implementar um sistema de gestão *Lean*, uma vez que este exige investimento de tempo, o comprometimento e a introdução de novos conceitos e competências em todos os níveis da hierarquia (em especial na gestão de topo), mudanças na cultura e estrutura da empresa (Chaple et al., 2021).

2.2.1 Desperdícios e Princípios Lean

No *Lean* as atividades/ passos de um processo podem ser classificadas em três categorias (Sarkar, 2008).

1. **Atividades de valor acrescentado** - são as atividades que transformam o produto ou serviço em algo que o consumidor valoriza e está disposto a pagar.
2. **Atividades sem valor acrescentado, mas necessárias** - são as atividades que não acrescentam valor ao produto, mas que nas condições atuais da operação não podem ser evitadas. Estas atividades necessitam de estar no processo, não podendo ser eliminadas (pelo menos a curto prazo), são conhecidas como muda¹ tipo 1.
3. **Atividades de valor não acrescentado** - são as atividades que os clientes não estão dispostos a pagar e que podem ser evitadas. O foco é eliminá-las e são conhecidas como muda tipo 2. Tudo o que não tem valor acrescentado pode ser definido como um desperdício.

Os desperdícios devem ser evitados ou eliminados, mas para isso é necessário identificá-los previamente.

Taichi Ohno identificou sete tipos de desperdícios (Sarkar, 2008):

- **Sobreprodução:** processar itens em excesso ou mais cedo do que o requerido.

¹ Muda: termo em japonês que significa "inutilidade", "desperdício", e é utilizado para descrever qualquer atividade que consuma recursos sem criar valor para o cliente.

- **Movimentações:** qualquer movimento de um indivíduo que é desnecessário para completar de forma bem-sucedida uma tarefa.
- **Transporte:** movimentos de materiais ou de produtos desnecessários.
- **Esperas:** indivíduos ou itens parados durante o processo.
- **Sobre processamento ou processamento incorreto:** esforços que não acrescentam valor ao cliente.
- **Stock:** manter armazenados itens em excesso, como matéria-prima, WIP ou produtos acabados.
- **Defeitos:** perda que ocorre devido a erros ou à falta de um item ou produto acabado bem feito à primeira. Esses erros resultam na necessidade de retrabalho ou na perda do produto.

Adicionalmente, surgiu o oitavo desperdício: o **não aproveitamento da criatividade dos operadores**. O que implica na perda de tempo, ideias, competências, melhorias e oportunidades de aprendizagem (Liker, 2004).

Todos estes desperdícios têm um impacto direto no desempenho, na qualidade e nos custos da organização (Gupta & Jain, 2013). Com o intuito de converter desperdício em valor acrescentado surge o *Lean Thinking*, sustentado por cinco princípios fundamentais (Womack & Jones, 2003): **especificar o valor** - identificar o cliente e as suas necessidades em termos de valor; **identificar a cadeia de valor** - identificar os processos e atividades necessários para entregar um produto ou serviço; **criar fluxo** - criar um fluxo de valor sem paragens, atrasos, interrupções e defeitos; **usar o sistema pull** - produzir bens ou serviços quando o cliente necessita; e **alcançar a perfeição** - trabalhar continuamente para reduzir custos e melhorar a qualidade.

2.2.2 Técnicas e ferramentas Lean

O *Lean Manufacturing* envolve uma variedade de ferramentas e técnicas que têm como objetivo auxiliar na produção de produtos com alta qualidade, de menor custo possível, e no menor tempo possível, eliminando desperdícios. No texto que se segue apresentam-se as mais relevantes para o desenvolvimento do trabalho que será apresentado posteriormente.

- Organização do local de trabalho - 5S

O 5S, originalmente desenvolvido no Japão, é uma filosofia que visa criar e manter um ambiente de trabalho de qualidade, por meio de uma limpeza sistemática e da padronização dos processos. Isso não só torna o ambiente mais motivador e agradável para todos os funcionários, como também estabelece

uma base sólida para a implementação de melhorias contínuas em diversas áreas, departamentos e organizações (Randhawa & Ahuja, 2017).

O 5S é uma metodologia assente em 5 pilares iniciados pela letra "S": **Seiri** (organização) - identificar e eliminar os itens desnecessários no local de trabalho; **Seiton** (ordenação) - organizar os itens necessários no local correto para uma rápida recolha e armazenamento; **Seiso** (limpeza) - manter o local de trabalho limpo; **Seiketsu** (normalização) - manter um elevado nível de arrumação, limpeza e organização no local de trabalho (3S); **Shitsuke** (disciplina) - criar um hábito e manter os procedimentos estabelecidos (Randhawa & Ahuja, 2017).

A metodologia 5S é um pré-requisito essencial para a implementação do sistema *Lean* em qualquer organização, sendo a base para a implementação bem-sucedida de outras ferramentas *Lean* como, o trabalho padronizado, gestão visual, TPM, JIT e *poka-yoke* (Randhawa & Ahuja, 2017).

O 5S é uma estratégia simples e eficaz para alcançar melhorias sustentáveis no desempenho organizacional, pois reduz de forma eficiente o desperdício, problemas de qualidade, erros humanos, reclamações dos clientes e o absentismo. Além disso, melhora o fluxo de trabalho, o trabalho de equipa, a comunicação entre funções e departamentos, a gestão de inventário e a segurança. No entanto, existem barreiras a ser ultrapassadas como falta de liderança, o não envolvimento dos colaboradores, resistência à mudança, comunicações ineficientes, incapacidade da direção para fornecer os recursos adequados para efetuar melhorias no local de trabalho, avaliação e normalização inadequadas das iniciativas 5S, falta de cultura de implementação do *kaizen* no local de trabalho, entre outros (Randhawa & Ahuja, 2017). A implementação e manutenção bem-sucedida do 5S requer por isso a participação de todos os níveis de gestão, bem como a formação adequada.

O 5S tem-se expandido ao longo do tempo para o conceito "*Safety*" (segurança), adicionando um sexto "S" à metodologia e originando o 6S. O principal objetivo desta expansão é aumentar o âmbito da metodologia 5S para responder às necessidades de segurança e saúde no trabalho (Jiménez et al., 2019).

- *Standardized work*

Segundo Sundar et al. (2014) o *standardized work*, ou trabalho padronizado em português, corresponde ao método mais seguro e eficiente para realizar uma tarefa repetitiva no menor tempo possível, resultando numa utilização eficaz de recursos, como pessoas, máquinas e materiais. Trata-se de um conjunto procedimentos de trabalho que definem os melhores métodos e sequências para cada processo

e trabalhador, com o objetivo de minimizar desperdícios e maximizar o desempenho operacional (Pereira et al., 2016).

O *Standardized work* é baseado em três elementos: "*Takt time*", "*Standard work sequence*" e "*Standard Work-in-Process inventory*" (Pereira et al., 2016). O "*Takt time*" é o ritmo de produção necessário para satisfazer a procura. O "*Standard work sequence*", é a ordem pela qual um conjunto de tarefas é executado num determinado processo representando a melhor e mais segura forma de o fazer. Cada operador executa essas tarefas repetidamente e consistentemente ao longo do tempo, o que permite uma maior eficiência no trabalho e bases para a melhoria contínua, inovação e crescimento dos colaboradores (Liker, 2021). O "*Standard Work-in-Process inventory*", representa a quantidade mínima de *stock* para manter um fluxo de produção contínuo sem paragens ou interrupções.

O *Standardized work* permite de uma forma consistente e sustentável chegar a altos níveis de produtividade, qualidade e segurança. Proporciona benefícios como, documentação dos processos atuais, maior controle dos processos, redução da variabilidade (Mura²), facilidade no treino de novos funcionários, aumento da moral, suporte à resolução de problemas, desenvolvimento de flexibilidade e criação de pontos de referência a partir dos quais é possível melhorar continuamente, entre outros (Mor et al., 2019).

O *Standardized work*, faz uso de documentos como as Instruções de Trabalho (IT), também conhecidas como *Standard Operating Procedure* (SOP), que fornecem um conjunto claro de instruções ou diretrizes sobre aspetos dos processos de modo a ajudar os operadores no seu trabalho diário. As ITs's permitem uma abordagem detalhada, simples e padronizada das tarefas que devem ser executadas, de modo a assegurar a eficiência, qualidade e consistência dos resultados (Mor et al., 2019).

- Gemba Walk

O *Gemba Walk* é uma técnica de gestão utilizada para compreender a situação atual de um processo por meio da observação direta e da investigação antes de agir. "*Gemba*", que significa "lugar real", pode ser completado com o termo "*genchi gembutsu*" - essencialmente "ir e ver" - e destaca a importância de três elementos: observação (assistir pessoalmente ao trabalho que está a ser realizado); localização (estar no local onde o trabalho é executado); e colaboração (interagir com quem executa o trabalho). Essas práticas proporcionam uma visão detalhada e próxima dos processos e permitem identificar oportunidades de melhoria, liderar e aprender (Dalton, 2019).

² Muri: termo japonês que significa "variabilidade", "irregularidade" ou "inconsistência", pode ser definido como sendo a variação na operação de um processo não causada pelo cliente final.

2.3 Lean Service

Na última década, a metodologia *Lean* expandiu-se silenciosamente além da manufatura, tornando-se uma metodologia de melhoria para indústrias de serviços (Chávez Guachamín & Burneo Arteaga, 2021). O ponto de viragem deste movimento deu-se com a publicação, em 1996, do livro “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Organisation*” de Womack e Jones (Lizarelli et al., 2023). O *Lean Service* tem sido, desde então, amplamente adotado em diversos setores de serviços, com maior popularidade em áreas como cuidados de saúde e operações administrativas (Hadid & Mansouri, 2014).

A indústria dos serviços diferencia-se, contudo, da indústria transformadora por apresentar características específicas como intangibilidade, simultaneidade, heterogeneidade, perecibilidade, mão-de-obra intensiva e presença do cliente durante o processo de produção (Hadid et al., 2016).

Estas características tornam a padronização dos produtos, operações e tempos nos serviços mais desafiadora em comparação com a manufatura, resultando numa maior instabilidade na gestão de desperdícios (Gupta et al., 2016). Face à natureza única dos serviços, às necessidades específicas de cada cliente e as particularidades de cada setor, é fundamental existir uma adaptação das práticas e ferramentas do *Lean* para este tipo de ambientes mais complexos (Alsmadi et al., 2012; Fenner & Netland, 2023).

Através da implementação bem-sucedida e sustentável de um sistema *Lean* numa empresa de serviços, é possível agir de forma mais responsável, rápida e próxima do cliente. Ao mesmo tempo, possibilita o aumento da produtividade, da flexibilidade e a construção de serviços específicos para o cliente sob padrões de alta qualidade (Dombrowski & Malorny, 2017).

2.3.1 Lean em Serviços Pós-Venda no setor automóvel

O setor empresarial do Serviço Pós-Venda caracteriza-se por um conjunto de características especiais que dificultam a aplicação dos princípios, métodos e ferramentas dos Sistemas de Produção *Lean*. As necessidades dos clientes no serviço pós-venda são geralmente elevadas e variáveis, alternando a tipologia e especificidades da execução do serviço. Mesmo assim, o cliente espera um desempenho de serviço satisfatório e rápido (Dombrowski & Malorny, 2018).

Estes desafios são acrescidos pela ausência de uma implementação estruturada e holística dos princípios, métodos e ferramentas *Lean*. Muitas iniciativas de implementação *Lean* focam-se apenas na redução de desperdícios, negligenciando a criação de valor para o cliente e a melhoria contínua (Dombrowski & Malorny, 2018). O que vai ao encontro do referido por Borchardt et al. (2018), que

destacam que, apesar dos avanços significativos na qualidade de fabricação dos carros nas últimas décadas, a qualidade dos serviços oferecidos pelas concessionárias ou retalhistas (a principal abordagem das empresas do setor automóvel para prestarem serviços pós-venda) ainda é questionada.

2.3.2 Lean em oficinas de reparação automóvel

De modo a responder à **Questão de Investigação 1**, isto é, “Qual é o estado de arte relativamente à adoção e manutenção de técnicas e ferramentas *Lean* em oficinas de reparação automóvel?”, foi realizada uma pesquisa estrutura da literatura.

Esta pesquisa consistiu na procura de artigos em três bases de dados referenciais nomeadamente a *Web of Science*, a *Scopus* e o *Google Scholar*, utilizando palavras-chave como: "lean" AND automoto* AND ("Automotive Workshop" OR "Service Station" OR "Repair Shop"). A palavra "automoto*" é utilizada para garantir todas as variações e termos relacionados ao automóvel.

Na base de dados *Web of Science* foram identificados 26 artigos, na *Scopus* foram identificados 11 e no *Google Scholar* 10 artigos. Foi realizada uma leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos para identificar os que seriam relevantes para a análise, restringindo a escolha aos artigos publicados apenas em inglês. Após a exclusão de referências duplicadas e a impossibilidade de acesso completo a alguns dos artigos, restaram 8 artigos que foram analisados e selecionados, dos quais 6 são provenientes de publicações de atas de conferências e 2 de revistas internacionais.

Na Tabela 1, estão representadas uma análise geral dos artigos selecionados, incluindo as subáreas específicas dentro do setor de reparação automóvel em estudo, a localização geográfica dos artigos e os tipos de pesquisa adotados.

A análise da Tabela 1 revela que apenas um dos artigos selecionados, de Suhardi et al. (2020), aborda especificamente a preparação e pintura de carroçarias, que são os processos centrais desta dissertação. Em termos de localização geográfica, os artigos provêm de três continentes diferentes — América, Ásia e Europa — o que confere ao tema em estudo um carácter abrangente e diversificado. Destaca-se ainda a presença significativa de países da América Latina, com três países listados (Equador, Peru e Honduras), evidenciando um interesse em compreender o setor de reparação automóvel nesta região. Em relação ao tipo de estudo, existe uma grande ênfase na pesquisa aplicada, ou seja, na resolução de problemas concretos e na aplicação de técnicas *Lean* em contextos reais no setor.

Tabela 1 - Análise geral dos artigos

Autor(es)	Principais (sub)áreas em estudo	Localização do artigo	Tipos de estudo
Chukukere et al. (2014)	Geral: Reparação, Mecânica, Preparação, Pintura, Remontagem, Acabamentos/ Detalhes	USA	Estudo prático
Bhat et al. (2016)	Geral: Receção, Lavagem, Secagem, Reparação (processo na baía), Inspeção, Despacho	India	Estudo prático
Bhardwaj et al. (2018)	Geral: Receção, Reparação e Manutenção, lavagem/ embelezamento	India	Estudo prático
Arlinghaus e Knizkov (2020)	Manutenção e reparação	Alemanha	Estudo prático e teórico
Suhardi et al. (2020)	Reparação de carroçaria e pintura	Indonésia	Estudo prático
Chávez Guachamín e Burneo Arteaga (2021)	Manutenção e lavagem	Equador	Estudo prático
Bruner e Cantarero (2023)	Receção do veículo, manutenção	Honduras	Estudo prático
Briceno-Guzman et al. (2023)	Reparação de jantes	Peru	Estudo prático

A Tabela 2, sintetiza as metodologias, ferramentas e técnicas utilizadas em cada estudo científico analisado, que foram aplicadas tanto para o diagnóstico de problemas, como para o planeamento, implementação e verificação/controlo das ações de melhoria. Os artigos foram organizados por ordem cronológica de publicação, e as ferramentas foram listadas com base na frequência de utilização.

Tabela 2 - Resumo de metodologias, ferramentas e técnicas utilizadas em oficinas

Metodologias, Ferramentas e Técnicas	Autor(es)	Chukukere et al. (2014) (*)	Bhat et al. (2016) (*)	Bhardwaj et al. (2018)	Arlinghaus e Knizkov (2020)	Suhardi et al. (2020)	Chávez Guachamín e Burneo Arteaga (2021) (*)	Bruner e Cantarero (2023)	Briceno-Guzman et al. (2023)(*)	Total
5S/6S		X	X				X		X	4
KPI's							X	X	X	3
Pull/Kanban			X				X		X	3
Root Cause Analysis			X			X	X			3
Standardised Work		X					X	X		3
VSM		X	X					X		3
Waste Analysis					X	X		X		3
Pareto Diagram						X		X		2
PDCA			X	X						2
5 Whys (+1H)			X			X				2
Flowchart								X		1
FMEA						X				1
Gemba Walks								X		1
Kamishibai Cards (Kobetsu) Kaizen						X				1
Lean 6 sigma							X			1
Plant Layout			X							1
Poka-Yoke						X				1
Quality Management (CTQ Tree, VOC)							X			1
TPM							X			1
Visual Control (Andon)							X			1
Work Groups/ Flexible Workforce		X								1

(*) Uso de um Software de Simulação.

Ao analisar a Tabela 2, observa-se a utilização de uma ampla variedade de ferramentas, tanto *Lean* quanto de qualidade, apesar do número reduzido de artigos selecionados. Sendo que, na sua maioria os artigos abordam várias metodologias, ferramentas e técnicas simultaneamente. De destacar também o uso predominante da ferramenta 5S/6S, e o facto de metade dos artigos utilizarem programas de simulação.

Bhat et al. (2016) e Briceno-Guzman et al. (2023), por exemplo, utilizaram ambos o software ARENA como ferramenta de apoio ao seu estudo. Bhat et al. (2016) modelaram o fluxo de valor de forma a validar as suas propostas de melhoria, enquanto Briceno-Guzman et al. (2023), utilizaram o programa para determinar o momento ideal para solicitar um serviço externo. Chukukere et al. (2014) recorreram ao software de simulação *ProModel* para representar o Mapa de Fluxo de Valor (VSM) atual e o futuro, integrado com as suas soluções de melhoria. Além disso, utilizaram o software *Stat Fit* para transformar os dados observados em distribuições estatísticas que replicam o comportamento da oficina de reparação de colisões. Por fim, Chávez Guachamín e Burneo Arteaga (2021), optaram por realizar uma simulação de eventos discretos no software *Flexsim*. O objetivo foi avaliar os resultados da atribuição ótima de tarefas na lavagem automóvel, previamente obtida por programação linear no software AMPL.

De modo a analisar a relação entre os objetivos estabelecidos e os resultados obtidos ao utilizar metodologias, ferramentas e técnicas *Lean*, bem como softwares de simulação em oficinas de reparação automóvel, foi desenvolvida a Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo de artigos Lean em oficinas de reparação automóvel

Autor(es)	Objetivo(s)	Resultado(s)
Chukukere et al. (2014)	Melhorar as operações de uma oficina de reparação de colisões usando o VSM em combinação com a simulação de eventos discretos.	(1) O <i>lead time</i> foi reduzido de 9,24 para 6,32 dias; (2) O WIP médio no sistema passou de 90,13 para 43,68 carros; (3) A utilização média de recursos na oficina ficou equilibrada.
Bhat et al. (2016)	Identificar os desafios num centro de assistência automóvel na Índia e determinar soluções para melhorar o seu desempenho global utilizando a estratégia <i>Lean</i> .	Potencial aumento da produtividade até 10 carros/dia.
Bhardwaj et al. (2018)	Melhorar a produtividade de uma estação de serviço automóvel, através da análise do processo de controlo das rejeições, utilizando para o efeito o ciclo PDCA.	(1) A revisão diária das rejeições estava a provocar uma perda de tempo sob a forma de atividades desnecessárias; (2) A revisão semanal não revelou grande efeito na taxa de rejeição, mas resultou numa poupança de tempo de quase 7h/semana; (3) A moral dos funcionários foi reforçada.

Tabela 3 - Resumo de artigos Lean em oficinas de reparação automóvel (Continuação)

Autor(es)	Objetivo(s)	Resultado(s)
Arlinghaus e Knizkov (2020)	Compreender o <i>status quo</i> da implementação da gestão <i>Lean</i> nas oficinas de manutenção e reparação da indústria automóvel.	(1) O estado atual da implementação <i>lean</i> nos serviços-pós-venda de reparo e manutenção está numa fase embrionária e ainda pouco desenvolvida; (2) A adaptação dos princípios e ferramentas <i>lean</i> para os serviços não é necessária para todas as categorias de "muda"; (3) O maior desafio para as oficinas de reparação não está necessariamente na entrega de peças sobressalentes, mas sim na adesão dos clientes aos prazos de entrega agendados.
Suhardi et al. (2020)	Identificar os defeitos críticos na área de reparo de carrocerias e pintura, compreender os fatores que os causam e propor melhorias para reduzir este desperdício (<i>rework</i>). A redução desses defeitos é alcançada através da abordagem <i>Lean Manufacturing</i> .	(1) A análise 5W + 1H revelou que os fatores causadores dos defeitos incluem a falta de precisão dos operadores, cansaço visual devido à baixa intensidade de luz, pressa para cumprir prazos; (2) As melhorias, para reduzir estes defeitos, incluem o uso de <i>poka-yoke</i> e cartões <i>Kamishibai</i> nas subáreas de polimento e remontagem, que são as principais fontes de desperdício, bem como a supervisão regular dos técnicos.
Chávez Guachamín e Burneo Arteaga (2021)	Colmatar a lacuna existente entre a aplicabilidade das ferramentas <i>Lean Service</i> baseadas na abordagem <i>Lean Six Sigma</i> e a otimização do processo de qualidade e do tempo através de uma metodologia DMAIC num contexto de serviço pós-venda automóvel como a manutenção.	(1) Redução do tempo no processo de lavagem de 33 minutos para 24 minutos e do tempo de manutenção preventiva de 117 minutos para 92 minutos; (2) Aumento da capacidade da oficina automóvel de servir 9 carros por dia para servir 13 a 15 carros por dia; (3) Aumento do "grau <i>lean</i> " ³ de 2% (base) para 13%.
Bruner e Cantarero (2023)	Melhoria da produtividade de uma oficina automóvel em Tegucigalpa, Honduras, através da análise e identificação das causas dos atrasos e implementação de melhorias utilizando princípios e ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> .	(1) Sete atividades foram reduzidas dentro da análise atual realizada através de diagramas de processo e fluxogramas; (2) O tempo de processamento foi reduzido de 3369 segundos para 2000 segundos, representando uma melhoria de 40,6%; (3) O <i>lead time</i> foi reduzido de 4689 segundos para 2480 segundos, aumentando a produtividade em 47,1%.

³ O "grau *lean*" é calculado pelo produto de 5 "pacotes": Interação com o Cliente, Manutenção Preventiva Total e *Just in Time*, Gestão da Qualidade Total, Gestão de Recursos Humanos e Gestão da Comunicação com os Fornecedores.

Tabela 3 - Resumo de artigos Lean em oficinas de reparação automóvel (Continuação)

Autor(es)	Objetivo(s)	Resultado(s)
Briceno-Guzman et al. (2023)	Diminuir os atrasos na reparação de jantes e melhorar a respetiva área de trabalho, numa oficina automóvel em Lima, por meio de ferramentas do <i>Lean Service</i> .	Após 2 meses: (1) O nível de serviço relacionado às entregas no prazo melhorou de 84% para 91,5% (valor-alvo de 92,2%), através do uso do MRP; (2) A quantidade de retrabalho na área de enchimento reduziu de 8% para o valor-alvo de 4%, após a adoção do Kanban; (3) Das inspeções 5S realizadas, 90% foram aprovadas (apesar da falta de experiência prévia com a ferramenta).

A análise da Tabela 3 revela que a implementação de técnicas e ferramentas *Lean* proporciona benefícios significativos para um serviço como a reparação automóvel. Os resultados evidenciam uma redução nos tempos de processamento e entrega, além do aumento da produtividade, eficiência e qualidade do serviço prestado. Medidas de avaliação de desempenho como o tempo de conclusão de um processo e o tempo de entrega de um veículo foram as mais utilizadas. Os softwares de simulação demonstraram serem úteis em situações com limitações, permitindo a criação de cenários hipotéticos para analisar os impactos das ações de melhoria no desempenho operacional antes da sua implementação prática.

Concluindo, como referem Arlinghaus e Knizkov (2020), o estado atual da implementação *Lean* nos serviços pós-venda de reparo e manutenção está ainda numa fase embrionária e pouco desenvolvida. No entanto, é evidente a aplicabilidade de ferramentas e técnicas *Lean*, bem como de softwares de simulação, num contexto complexo como uma oficina de reparação, onde cada veículo apresenta os seus próprios danos e onde existe uma forte dependência de mão-de-obra.

2.4 Metodologias e softwares de apoio

De seguida, estão representadas as metodologias e/ou softwares utilizados como apoio neste projeto de dissertação.

2.4.1 BPMN

O BPMN (*Business Process Model and Notation*) é uma linguagem de modelação que fornece uma notação gráfica que facilita a forma como as organizações representam e comunicam os seus processos de negócios e fluxos de trabalho (Chinosi & Trombetta, 2012).

A Figura 2 apresenta uma visão geral de elementos do BPMN, separados por seis categorias: eventos, *gateways*, atividades, *swimlanes*, objetos de ligação e artefactos.

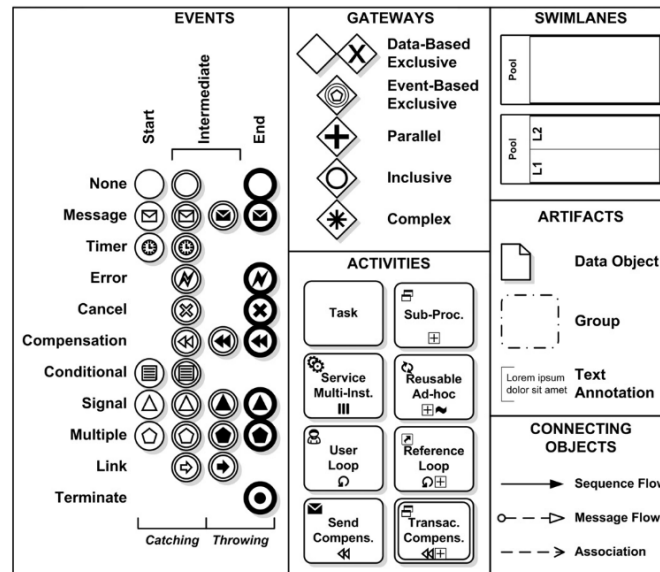


Figura 2 - Notação BPMN

Fonte:(Chinosi & Trombetta, 2012)

Os **eventos**, **gateways** e **atividades** são considerados objetos de fluxo, que são os principais elementos gráficos para representar o comportamento de um processo empresarial. Os **eventos** indicam "qualquer coisa que possa acontecer" e que seja relevante para o processo, sendo classificados em três tipos, com base no momento em que afetam o fluxo: Início, Intermédio e Fim (OMG, 2013). Os **gateways** são utilizados para controlar a divergência e convergência de fluxos de sequência num processo. Existem seis tipos de *gateways*: Exclusivo (XOR), Paralelo (AND), Inclusivo (OR), Complexo, Baseado em Eventos e Baseado em Eventos Paralelos. Cada tipo de controlo afeta tanto o fluxo de entrada como o de saída (OMG, 2013). As **atividades** são um termo genérico para o trabalho realizado pela empresa durante o processo empresarial. Uma atividade pode ser atômica ou não atômica (composta), e os tipos de atividades que fazem parte de um modelo de processo são: Sub-Processo e Tarefa (OMG, 2013).

Os **swimlanes** são contentores gráficos que facilitam a identificação de processos e/ou intervenientes no processo empresarial, através de divisões que representam um participante ou uma unidade organizacional. Dentro de cada divisão são colocadas as atividades específicas de cada participante. Existem dois tipos de *swimlanes*: *Pools* (piscinas) que representam entidades independentes, e *Lanes* (Pistas), que são subdivisões dentro de um *Pool* e representam entidades ou papéis específicos envolvidos no processo. Os **objetos de ligação** incluem fluxos de sequência, fluxos de mensagens e

associações que definem a forma como os objectos são conectados e a ordem pela qual as atividades são executada. Por fim, os **artefactos** que são utilizados para fornecer informações adicionais ao processo, incluem dados, grupos e notas.

A estes elementos, podem ser adicionadas variações e informações complementares para atender a requisitos de complexidade, sem alterar significativamente o aspeto básico do elemento.

A Tabela 4 apresenta os elementos utilizados para representar os processos de negócio do Lote 4, que serão abordados no capítulo seguinte.

Tabela 4 - Descrição da Notação BPMN 2.0

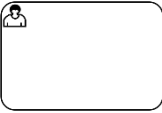
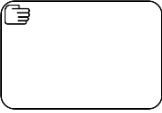
Elemento	Descrição	Notação
Evento de início	Indica início de um processo e não têm fluxo de sequência de entrada.	
Evento de fim	Indica o ponto onde um caminho dentro do processo acaba. Um processo pode ter múltiplos pontos de término. O processo só se considera concluído quando todos os caminhos ativos forem finalizados. Os eventos de fim não têm fluxos de sequência de saída.	
Evento de mensagem (enviar)	É um elemento que representa a ação de enviar uma mensagem de um processo para outro participante ou sistema externo, no meio de um caminho do processo.	
Evento de mensagem (receber)	É um elemento que representa a ação de receber uma mensagem de outro participante ou sistema externo, no meio de um caminho do processo.	
Evento de temporizador (Intermédio)	É um elemento que modela ações baseadas em condições temporais. Pode representar pausas ou atrasos dentro do fluxo de um processo.	
Tarefa do utilizador	É uma atividade executada por um humano, com o auxílio de uma aplicação de software.	
Tarefa manual	É um tipo de atividade que é realizada manualmente por uma pessoa, sem o auxílio de sistemas automatizados.	

Tabela 4 - Descrição da Notação BPMN 2.0 (Continuação)

Elemento	Descrição	Notação
Sub-processo + Marcador sequencial de instância múltipla ≡	Um sub-processo é um tipo de atividade dentro de um processo, que pode ser “aberto” para mostrar um processo de nível inferior. Um Marcador Sequencial Multi - Instância indica que o subprocesso é instanciado múltiplas vezes de forma sequencial. Isso significa que várias instâncias do sub-processo serão criadas e executadas uma após a outra, em vez de simultaneamente.	
Gateway exclusivo	É um elemento que divide e direciona o fluxo de sequência para um único ramo de saída com base nas condições estabelecidas. Ao fundir, ele aguarda a conclusão de um ramo de entrada antes de continuar o fluxo.	
Gateway paralelo	É um elemento que permite a execução simultânea de múltiplos caminhos num processo. Ele divide o fluxo em vários ramos que são seguidos ao mesmo tempo e garante que todos os caminhos sejam concluídos antes de o fluxo prosseguir.	
Entrada de dados	É um elemento que representa as informações necessárias para que uma atividade ou subprocesso seja realizado.	
Saída de dados	É um elemento que representa as informações ou resultados gerados por uma atividade ou subprocesso.	
Armazenamento de dados	É um repositório onde informações são armazenadas e podem ser acedidas ou atualizadas pelo processo. Persiste além da execução do processo e pode ser usado por várias atividades ou subprocessos dentro do fluxo de trabalho.	
Fluxo de sequência	É representado por uma linha sólida com uma ponta de seta sólida e é utilizado para mostrar a ordem (sequência) pela qual as atividades e eventos são executadas num processo.	
Associação de dados	É representada por uma linha pontilhada com uma ponta de seta e, é utilizada para ligar informações e artefactos a objetos de fluxo.	
Pista	É uma subdivisão dentro de um Pool (piscina) que organiza e categoriza as atividades e eventos de um processo com base em participantes, departamentos ou funções específicas.	

2.4.2 SIMIO

A modelação por simulação é amplamente utilizada para a melhoria do desempenho de muitos sistemas (Hlupic & Paul, 1999). Esta é uma ferramenta de análise e apoio à tomada de decisão para problemas de design, planeamento e operacionais (Guner & Seker, 2008).

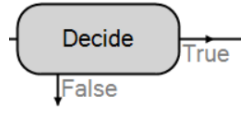
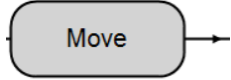
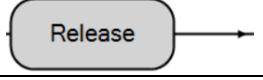
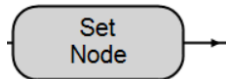
O SIMIO (Simulation Modeling framework based on Intelligent Objects) é um *framework* de modelação e simulação que utiliza uma combinação de objetos inteligentes para representar os componentes físicos de um sistema. A construção de um modelo é realizada por meio da combinação desses objetos, que simulam o sistema real. Tanto a lógica quanto a animação do modelo são construídos numa única etapa (Houck & Whitehead, 2019). A Tabela 5 apresenta os objetos do software SIMIO que foram utilizados neste projeto, acompanhados com uma breve descrição de cada um.

Tabela 5 - Objetos SIMIO utilizados (Pegden, 2009)

Nome	Descrição	Imagem (2D) SIMIO
ModelEntity	Uma entidade representa uma parte, pessoa ou objeto que é criado dinamicamente e que percorre o sistema até abandoná-lo.	
Source	Cria entidades que chegam ao sistema. O objeto contém um nodo de saída e uma fila de espera.	
Sink	Destrói entidades que tenham concluído o processo e regista estatísticas. Este objeto contém um nodo de entrada e uma fila de espera.	
Server	Modela um processo de serviço multicanal com filas de entrada/saída.	
TransferNode	Modela uma interseção complexa onde as entidades definem o destino e esperam pelos transportadores.	
Path	Um caminho entre dois nós onde as entidades viajam com base na velocidade.	
Worker	Recurso móvel que transporta entidades entre nodos, para além das suas funcionalidades como recurso.	
Resource	Um objeto genérico com capacidade que pode ser apreendido e libertado por outros objetos.	

O comportamento de um objeto pode ser modificado através da utilização de Processos. Os Processos estabelecem a sequência lógica do fluxo do modelo, utilizando "steps" ou blocos interligados que são acionados por um evento e executados por um *token*. Um *token* pode ter propriedades (parâmetros de entrada) e estados (valores variáveis durante o *runtime*) que controlam a execução dos "steps" (Houck & Whitehead, 2019). Na Tabela 6, são apresentados os *Steps* ou passos utilizados no modelo de simulação desenvolvido nesta dissertação, com uma breve descrição da sua função.

Tabela 6 - Steps SIMIO utilizados

Nome	Descrição	Imagem
Begin	Indica o ponto de início do processo.	
Assign	Atribui um novo valor a uma variável através de um valor ou expressão lógica.	
Decide	Avalia uma condição ou várias condições e determina qual o caminho que a entidade deve seguir. Se a condição for verdadeira o processo (ou seja, o <i>token</i>) avança para o ramo "Verdadeiro", caso contrário segue para o ramo "Falso".	
Delay	Representa um tempo de espera ou atraso para uma entidade.	
Move	Permite que as entidades se desloquem de um ponto para outro.	
Release	Liberta um recurso que foi apreendido anteriormente.	
Seize	Utilizado para capturar ou ocupar um recurso, como uma máquina ou um operador.	
Set Node	Permite que as entidades sejam direcionadas para um <i>node</i> específico do modelo.	
Tally	Permite recolher dados sobre as entidades quando o <i>token</i> passa por este passo e, regista nas estatísticas um KPI, variável ou tempo.	
End	Representa o final do processo.	

É importante destacar que nenhum dos artigos encontrados na literatura, mencionados na secção 2.3.2 fez uso do software SIMIO.

3. Apresentação e caracterização da empresa

Neste capítulo, será apresentada a entidade que possibilitou a realização desta dissertação. Primeiramente, será feita uma introdução geral à empresa, seguida da apresentação dos valores e princípios que a orientam. Posteriormente, será descrita a sua estrutura organizacional e a configuração das suas instalações físicas. O capítulo termina com a descrição do processo produtivo, centrado no segmento específico de clientes mais relevante no contexto desta dissertação.

3.1 Enquadramento

A MMCA- M. Matos Centro Auto, Lda, é uma empresa do ramo automóvel que se dedica à Manutenção e Reparação de Veículos Automóveis com localização no Parque Industrial da Ponte, em Guimarães. A empresa iniciou a sua atividade em 2001, com a aquisição de dois pavilhões, adotando o nome atual apenas em 2011. Ao longo dos anos, a empresa expandiu-se e conta atualmente com quatro pavilhões, totalizando uma área coberta de 5.000 m², destacada a vermelho na Figura 3.

Esta é uma empresa multimarca, reconhecida pelo seu serviço de manutenção e reparação de veículos ligeiros de passageiros e comerciais atendendo a clientes particulares, frotas empresariais, seguradoras, concessionárias e *stands* automóveis. Recentemente, a MMCA tornou-se um reparador autorizado da marca automóvel Tesla.

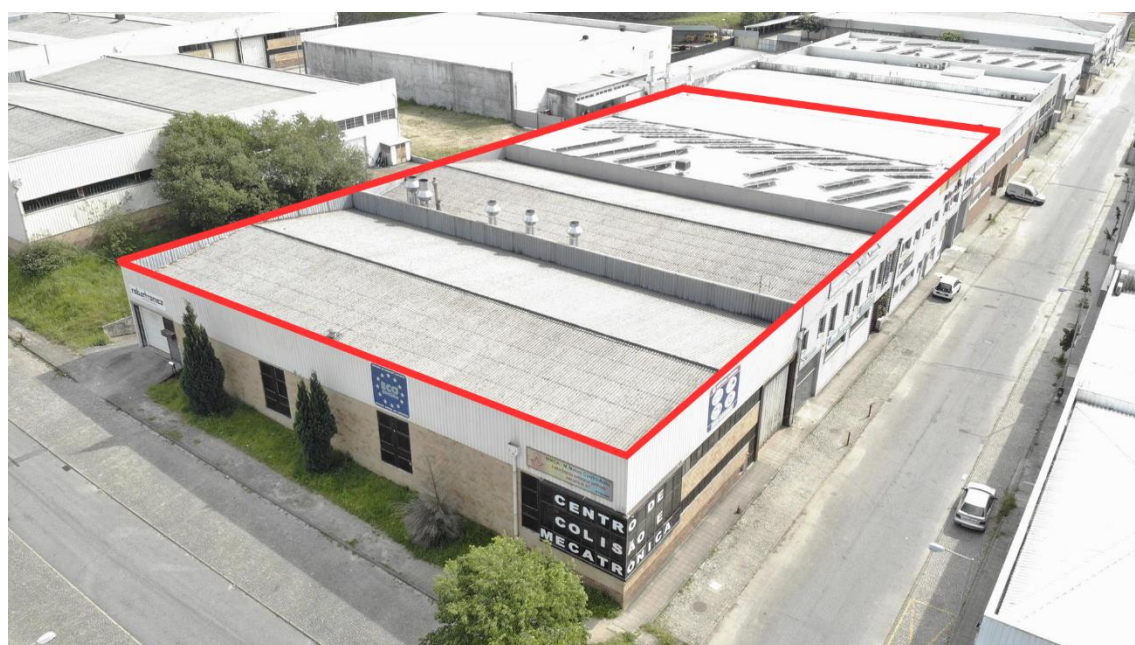


Figura 3 - Vista exterior da empresa MMCA Lda.

3.2 Diretrizes estratégicas

De modo a definir a sua identidade, orientação estratégica e cultura organizacional a MMCA definiu os três pilares que sustentam a sua atividade nomeadamente Visão, Missão e Valores.

A **Visão** da empresa é construir um grupo de reparação automóvel dotado de uma excelente rede integrada de serviços, assumindo-se como uma referência nacional e europeia do sector automóvel. O *know-how* e experiência acumulados deverão atrair partes interessadas quer na Europa, quer em todo o mundo, numa perspetiva de criação de valor, quer para os clientes, colaboradores e acionistas, quer para o país.

A sua **Missão** é prestar serviços de reparação automóvel personalizados, de qualidade e excelência, globais e de valor acrescentado, dentro de uma cadeia de reparação, desde a colisão, chaparia, mecânica e pintura, servindo clientes singulares, bem como empresariais, através de técnicas e equipamentos contemporâneos.

Com o intuito de sustentar a missão é essencial a definição dos **Valores** que descrevem a organização, sendo estes:

- Dedicação ao cliente: identificar as suas necessidades e apresentar serviços capazes de satisfazê-las. Superando, em simultâneo, expectativas e cumprindo prazos de entrega;
- Transparência: procurar preservar a boa imagem corporativa através da transparência, qualidade e profissionalismo dos serviços;
- Inconformismo: procurar sair da zona de conforto e possuir vantagens competitivas no sector automóvel através de formações contínuas e busca diária da inovação, evolução tecnológica e melhoria contínua;
- Sustentabilidade: promover o desenvolvimento sustentado da organização através de atitudes éticas e práticas que visem o crescimento económico, contribuindo para o desenvolvimento da sociedade;
- Responsabilidade social: assegurar a integridade dos colaboradores através de condições de trabalho seguras, uso de equipamento de segurança e formação adequada dos mesmos;
- Responsabilidade ambiental: implementar boas práticas ambientais, minimizando os impactos provenientes da atividade, incentivando também os seus fornecedores a adotarem as suas práticas.

3.3 Estrutura organizacional e instalações físicas

A MMCA conta, atualmente, com 51 trabalhadores divididos pelas seções de chaparia, mecânica, pintura, polimento e lavagem. A sua estrutura organizacional encontra-se representada na Figura 4.

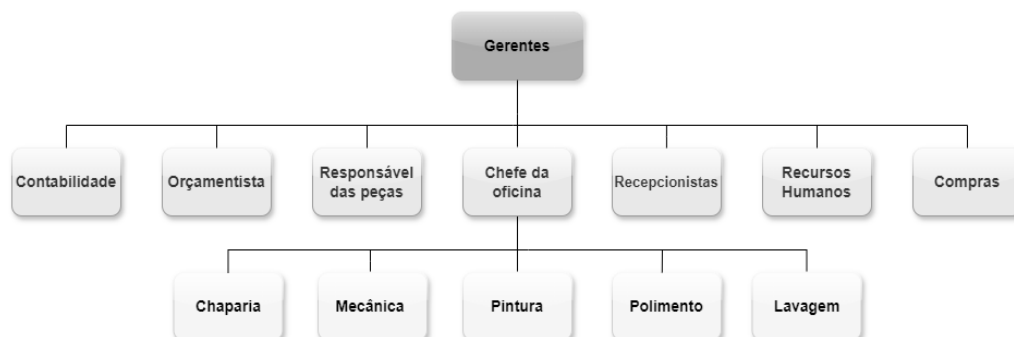


Figura 4 - Organograma MMCA

Como referido anteriormente, a empresa dispõe de quatro pavilhões para realizar as suas atividades, conforme ilustrado na Figura 5. Os Lotes 1, 2 e 3 são destinados principalmente a clientes particulares ou seguradoras. Estes lotes geralmente recebem veículos envolvidos em colisões de maior gravidade, com deformações ou danos estruturais significativos, e possuem uma secção dedicada exclusivamente à chaparia. O Lote 4 é reservado a veículos de concessionárias e *stands* automóveis. Neste lote, todas as seções anteriores estão concentradas num único espaço, e é voltado para o acondicionamento de viaturas. Se existirem casos de veículos com colisões, estes são de menor gravidade, deslocando-se um chapeiro do Lote 1 para realizar as reparações necessárias.

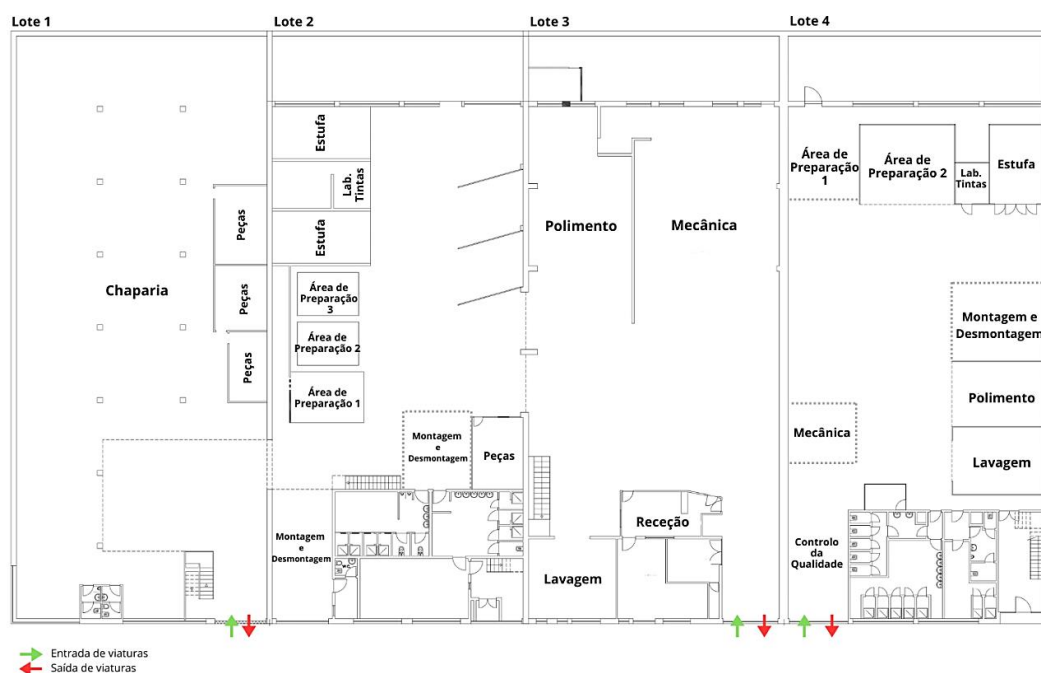


Figura 5 - Layout MMCA

3.4 Sistema produtivo

De seguida, será descrito o sistema produtivo referente ao Lote 4, que é responsável pelo acondicionamento de viaturas para concessionárias e *stands* automóveis, onde esta dissertação foi desenvolvida. No Apêndice 1, encontra-se uma modelação do sistema utilizando a notação *Business Process Model and Notation* (BPMN).

É importante notar que, por se tratar de uma empresa de serviços, as necessidades dos veículos podem variar, influenciando, por isso, o fluxo produtivo. Em geral, todos os veículos do Lote 4 são destinados à pintura automóvel. O fluxo de trabalho típico é o seguinte: receção, mecânica, desmontagem, preparação da pintura, pintura, montagem, polimento, lavagem e controlo de qualidade. Se o veículo não precisar de serviços mecânicos, será diretamente encaminhado para a desmontagem. As necessidades específicas de cada serviço estão detalhadas no documento "Auto - 120 Pontos".

- **Receção**

O cliente começa por enviar previamente um "Auto - 120 pontos" que contém os serviços que considera necessários efetuar no veículo. Quando o veículo chega efetivamente às instalações da oficina o rececionista cria uma Ordem de Reparação (OR) no sistema informático "*Gestoc*". A OR, contém os dados do veículo e do cliente e todos os serviços finais a executar no veículo. Isto é, após um diagnóstico detalhado e abrangente do estado geral da viatura na oficina, podem ser identificados serviços adicionais de reparação no veículo, ou seja, serviços que não estejam incluídos no "Auto" inicial. Estes serviços adicionais serão negociados junto do cliente. O orçamento final é realizado, e após a validação do mesmo pelo cliente, este enviará por via eletrónica uma Nota de Encomenda (NE) e o "Auto - 120 pontos" revisto, onde constam efetivamente todos os serviços a serem realizados na viatura. Se, ao longo do processo de reparação, forem identificados serviços adicionais necessários, será feito um aditamento tanto à OR como à NE. Por fim, o rececionista coloca a versão física do "Auto - 120 pontos" revisto no tablier ou no pára-brisas do veículo.

- **Mecânica**

A mecânica é a secção responsável por verificar o "Auto - 120 pontos" nos componentes mecânicos da viatura, tais como motor, sistema de arrefecimento, circuito elétrico, caixa de velocidades, diferencial, transmissões, embraiagem, direção, fluidos, óleos e filtros, sistema de travagem, componentes de segurança, amortecedores, jantes e pneus. Após identificar as reparações ou manutenções necessárias no veículo estas serão executadas consoante o "Auto - 120 pontos" aprovado pelo cliente. Concluídos os

serviços mecânicos, o colaborador realiza uma inspeção final para assegurar o adequado funcionamento dos sistemas mecânicos e elétricos do veículo.

- **Desmontagem e Montagem**

Quando a carroçaria e/ ou as peças do carro têm de ser pintadas, é necessário passar primeiramente pela desmontagem. Os elementos a remover variam de acordo com o tipo de serviço necessário e as características do veículo. Para uma pintura geral, uma maior quantidade de componentes precisa de ser desmontada de forma a garantir um acabamento uniforme e de qualidade da pintura. Isso inclui a retirada de peças como pára-choques da frente e de trás, puxadores, frisos, retrovisores e embaladeiras. E ainda, peças que não são para pintar, mas de modo a evitar sujidade e derrames de tinta são retiradas, como faróis, farolins, antena e legendas do veículo.

Depois da carroçaria do carro e/ou das suas peças serem finalmente pintadas, estas são remontadas, assim como as peças não pintadas que tiveram de ser removidas. Cada componente é cuidadosamente posicionado e fixado garantindo que o veículo retorne ao seu estado original.

É de notar que esta secção também lida com a desmontagem de peças ou acessórios danificados ou desgastados, que são reparados ou substituídos por novos. Isso aplica-se a elementos tanto no interior do carro, como no seu exterior.

- **Preparação da Pintura**

Antes de o veículo e/ou as suas peças serem encaminhados para a pintura, é necessário passar primeiramente pela fase da preparação. Nesta etapa, o automóvel já está desmontado, com as peças soltas e as amassadelas endireitadas, se for o caso, por um chapeiro. O processo de preparação começa com a aplicação de betume nas amassadelas ou pequenas imperfeições existentes na chapa, seguido da sua lixagem. Posteriormente, aplica-se tinta primária sobre o betume lixado e, após a secagem da tinta, lixa-se novamente a área reparada. De seguida, é necessário despolir o resto da tinta do automóvel e/ou peça. Após o despolimento das superfícies, verifica-se a presença de catados, que são pequenos poros ou picadelas que surgem no final do processo. Esses catados são corrigidos com massa de betume e, em seguida, lixados. Por fim, realiza-se uma limpeza final e isola-se as partes que não serão pintadas. Finalmente, o veículo e/ou as peças soltas serão transportados para a cabine de pintura.

- **Pintura**

Na cabine de pintura ou estufa, é realizada novamente uma limpeza geral e rigorosa das superfícies antes de se iniciar o processo de pintura. Após a limpeza, aplica-se a tinta base na cor desejada pelo

cliente, com secagem entre cada demão. Em seguida, é aplicado o verniz, também com secagem entre demãos. O processo de pintura é concluído com a cozedura final do verniz, após um período de “*flash off*”, ou seja, o tempo necessário para a evaporação dos solventes voláteis. Terminada a secagem, remove-se o isolamento do veículo e/ou das peças, que serão transferidos da cabine de pintura para a montagem.

- **Polimento**

Depois da montagem de todas as peças no automóvel, realiza-se o polimento, um processo que visa restaurar, revitalizar e realçar a pintura do veículo, removendo manchas, riscos e outras imperfeições. O polimento é sempre realizado em superfícies que foram pintadas na oficina e pode, inicialmente, envolver a correção de defeitos na pintura. É importante observar que a remoção desses defeitos pode, em alguns casos, danificar a pintura, exigindo a repintura. Além disso, as superfícies que não foram pintadas na oficina também poderão ser polidas, consoante o solicitado pelo cliente.

- **Lavagem**

Após a conclusão do polimento das unidades e /ou da carroçaria do veículo, este é encaminhado para a estação de serviço ou lavagem. Nesta etapa, é realizada uma limpeza detalhada abrangendo tanto o interior como o exterior do veículo. No interior, são efetuadas a aspiração e a limpeza de componentes tais como tablier, consola central, portas, porta-luvas, estofos, tapetes, mala, etc. Quanto ao exterior, são realizadas as lavagens das jantes e de toda a carroçaria do carro. Em alguns casos, também é executada a limpeza do motor. Após a lavagem externa, é feita a secagem do veículo e são realizados alguns acabamentos finais no veículo. Por fim, são colocadas proteções no banco, tapete do condutor, pedais e volante.

- **Controlo da Qualidade**

Para finalizar o processo produtivo, é realizado um controlo de qualidade dos trabalhos realizados. Nesta etapa, inspeciona-se o estado de conformidade do veículo para entrega ao cliente. Caso seja identificada alguma não conformidade, serão efetuadas reparações no local, exceto em situações em que seja necessário repintar alguma peça, o que pode implicar que o veículo passe novamente pelo processo de desmontagem e posteriormente pela pintura. Quando todos os serviços efetuados no veículo estiverem conformes o veículo sai da oficina, pronto para ser entregue ao cliente.

4. Análise e Diagnóstico da situação atual

Este capítulo aborda a análise e o diagnóstico da situação atual dos processos de preparação da pintura e pintura do Lote 4, considerando uma perspectiva *Lean*.

4.1 Fluxo Produtivo

De seguida, são analisados as etapas e o funcionamento das operações de preparação da pintura e pintura, de modo a identificar os desperdícios associados e propor melhorias no fluxo produtivo.

4.1.1 Preparação da pintura

Antes de o veículo ser pintado, é necessário realizar a preparação do mesmo. A preparação consiste em realizar processos de lixagem, que devem ser realizados em locais específicos, isto é, nas Áreas de Preparação da Pintura (APP). Estas áreas permitem que as poeiras e impurezas provenientes do lixamento da superfície sejam retidas nos seus filtros, garantindo que não contaminem o ambiente circundante e a superfície a pintar. Atualmente, o Lote 4 dispõe de duas áreas de preparação da pintura, cada uma com capacidade para uma carroçaria automóvel. Além disso, existem outras áreas de preparação de pintura destinadas a peças e jantes, com preparadores distintos, que não serão discutidas neste contexto.

As APP das carroçarias, contam com 4 preparadores, dos quais 3 deles também são pintores, que preparam individualmente o veículo que lhes foi atribuído. Devido à capacidade limitada das áreas de preparação de carroçarias e ao volume de trabalho, alguns automóveis precisam de ser preparados fora destas áreas designadas. Isso resulta numa maior concentração e desorganização de veículos, mais movimentações para deslocar os veículos, dispersão de materiais pela oficina e criação de um ambiente mais poluído. Esta última condição pode contaminar a estufa e aumentar os defeitos na pintura, além de incrementar a sujidade interna e externa do veículo e o ambiente geral de trabalho.

Na Figura 6, está representado a área de preparação da pintura, com veículos fora da área designada.



Figura 6 - Zona de preparação da pintura, com veículos fora da área de preparação

A preparação da pintura de carroçarias é um processo demorado, composto por várias etapas e realizado por uma equipa de 4 trabalhadores. Para entender a duração de cada uma delas, e sob uma perspetiva *Lean*, foi calculada a média dos tempos recolhidos para atividades VA e NVA do processo por operador. Esta análise foi direcionada exclusivamente para carroçarias de veículos ligeiros de passageiros, com uma amostra de 38 veículos, observados dentro de um intervalo de tempo de cerca de 2 meses e meio. Na Tabela 7, estão representados os tempos médios de NVA da preparação da pintura para um veículo, para cada um dos operadores. As tarefas NVA referem-se a todas as atividades que envolvem a paragem ou interrupção do trabalho no veículo. O **Operador Fixo** refere-se ao único operador que não desempenha a função de pintor.

Tabela 7 - Tempo das tarefas NVA da Preparação

Resumo Tarefas NVA	Operador X		Operador Y		Operador Z		Operador Fixo	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Buscar material (massa, spray, lixas, fitas isoladoras, panos, limpar espátula...)	00:08:08	00:05:17	00:08:35	00:05:50	00:07:44	00:02:41	00:11:43	00:04:53
Comunicação- ajudar colegas, resolver problemas	00:23:03	00:16:54	00:09:59	00:05:41	00:07:33	00:06:27	00:07:09	00:04:05
Mover veículos	00:11:13	00:00:18	00:00:29	00:00:05	00:00:28	00:00:04	00:02:15	00:00:23
Total NVA (hh:mm:ss):	00:42:24		00:19:03		00:15:44		00:21:06	

Na Tabela 8, está representado o tempo total de preparação da pintura, por operador, para um veículo ligeiro de passageiros, calculado pela soma do tempo total das tarefas VA (todas as tarefas realizadas diretamente no veículo) e o tempo total das tarefas NVA (conforme calculado na Tabela 7). Este tempo de preparação varia consoante o tipo de serviço requerido, sendo classificado em duas categorias: serviço de pintura de partes específicas da carroçaria (como por exemplo uma lateral do veículo), predominantemente atribuído ao **Operador X**, e o serviço de pintura geral, destinado aos restantes colaboradores. É importante salientar que estes tempos de preparação podem ser variáveis, dependentes não só do tipo de serviço, mas também do estado do veículo.

Tabela 8 - Tempo Total de Preparação (VA + NVA)

Resumo tarefas VA	Veículo ligeiro de passageiros (s/ peças)							
	Partes da carroçaria				Pintura geral			
	Operador X		Operador Y		Operador Z		Operador Fixo	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Colocar betume	00:01:50	00:00:57	00:01:24	00:01:45	00:02:53	00:01:54	00:05:47	00:02:56
Lixar betume	00:26:06	00:33:49	00:18:16	00:25:13	00:21:57	00:13:01	00:36:20	00:25:37
Colocação de primário (c/isolamento e retirada)	00:03:35	00:02:11	00:03:29	00:00:41	00:11:12	00:04:12	00:19:23	00:08:28
Lixar c/disco e esponja (c/ isolamento)	00:37:01	00:18:30	01:42:05	00:29:17	01:52:48	01:22:52	01:27:34	00:38:33
Catados- Colocação betume	00:03:53	00:02:21	00:08:39	00:04:30	00:07:46	00:01:18	00:12:52	00:11:40
Catados- Lixagem betume	00:11:37	00:03:30	00:26:26	00:19:23	00:35:31	00:04:56	00:26:08	00:05:29
Limpeza (ar+ desengordurante+ vidros+ grossuras)	00:04:58	00:04:19	00:33:36	00:16:43	00:23:22	00:06:58	00:38:05	00:25:49
Isolamento	00:17:54	00:20:42	01:58:28	00:23:48	01:36:09	00:34:54	01:37:41	00:17:16
Total VA (h:mm:ss):	01:46:53		05:12:23		05:11:37		05:23:49	
Total NVA (hh:mm:ss):	00:42:24		00:19:03		00:15:44		00:21:06	
Tempo total Preparação (hh:mm:ss):	02:29:18		05:31:25		05:27:21		05:44:56	

Na Figura 7, está representado através um gráfico circular a percentagem de VA e NVA de cada um dos colaboradores no processo de Preparação da pintura.

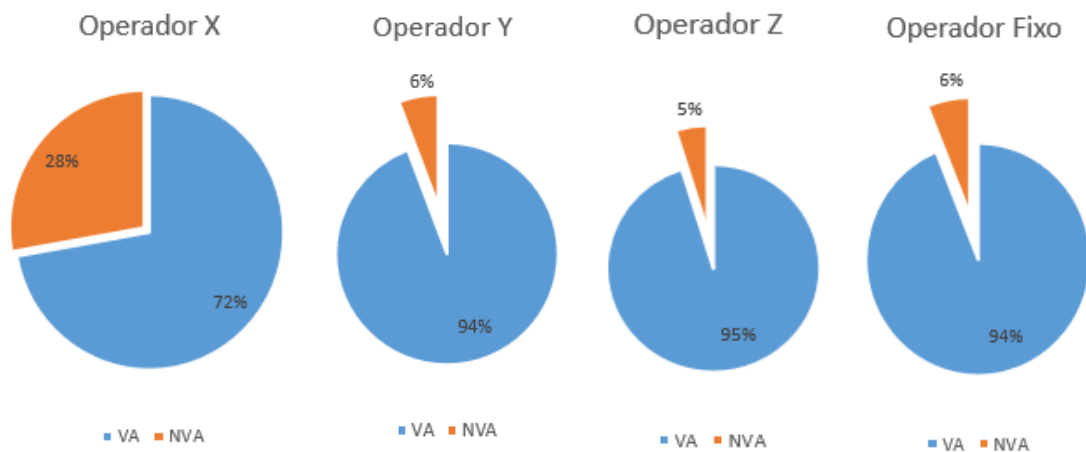


Figura 7 - Proporção de VA e NVA por colaborador, na Preparação

A análise da Figura 7, revela que o **Operador X**, apresenta o maior valor de NVA, enquanto os outros colaboradores têm percentagens semelhantes. Isto deve-se principalmente à sua elevada comunicação, que se reflete no apoio mais significativo aos colegas e na prontidão de resolução de problemas. Além disso, o **Operador X** também se destaca pelos maiores tempos de movimentação decorrentes da organização dos veículos, conforme evidenciado na Tabela 7.

4.1.2 Pintura

O serviço de pintura é realizado por 3 pintores, sendo que cada um dos colaboradores pinta, geralmente, o automóvel que preparou anteriormente. Os automóveis preparados pelo **Operador Fixo**, o único que só tem funções de preparador, são geralmente pintados pelo **Operador Y**, o que faz com que por vezes exista desequilíbrio na carga de trabalho.

A pintura é um processo exigente e que requer várias etapas, para as quais foram recolhidos tempos e, posteriormente, calculado a sua média. Estas etapas foram classificadas em VA e NVA e distribuídas por pintor. A análise abrangeu aproximadamente 24 viaturas ligeiras de passageiros com pintura metalizada, dentro de um intervalo de tempo de 2 meses. Na Tabela 9, está representada a média dos tempos das atividades NVA relacionadas à pintura correspondentes a cada operador.

Tabela 9 - Tempo das tarefas NVA da Pintura

Resumo tarefas NVA	Operador X		Operador Y		Operador Z	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Entrada na estufa - Colocação da carroçaria com/ sem peças	00:04:17	00:04:05	00:03:30	00:02:07	00:04:30	00:01:17
Saída da estufa - Retirada da carroçaria com/ sem peças	00:03:42	00:02:26	00:03:44	00:02:22	00:04:00	00:01:25
Fazer tinta (c/ procura e preparação de materiais)	00:08:55	00:02:12	00:10:59	00:00:59	00:06:06	00:01:46
Lavar a pistola (de tinta)	00:04:21	00:01:15	00:07:20	00:03:13	00:05:27	00:00:49
Buscar Material (desengordurante, tela de limpeza, luvas, pistola, filtros, fato, máscara, outros)	00:03:21	00:02:02	00:04:32	00:03:20	00:02:54	00:01:33
Total NVA (hh:mm:ss):	00:24:36		00:30:05		00:22:57	

Na Tabela 10, está representado o tempo total da pintura para um veículo ligeiro de passageiros por cada operador, que representa o tempo total das suas tarefas VA e o tempo total das suas tarefas NVA (calculado na Tabela 9). Este tempo de pintura foi também dividido tendo em conta duas abordagens de serviço: a pintura de partes específicas da carroçaria e a pintura geral, sendo que para esta análise também foram incluídas pinturas de peças soltas, que podem ser pintadas conjuntamente com a respetiva carroçaria do automóvel. O tempo VA refere-se a todas as tarefas realizadas dentro da estufa, enquanto o NVA abrange tarefas realizadas fora da estufa, exceto as tarefas de " entrada na estufa" e "saída da estufa", que também foram classificadas como NVA.

Tabela 10 - Tempo Total de Pintura (VA + NVA)

Resumo tarefas VA	Veículo ligeiro de passageiro (c/s peças)					
	Partes da carroçaria		Pintura geral			
	Operador X		Operador Y		Operador Z	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Isolamento- 1 pessoa	00:13:00	00:07:33	00:11:00	00:10:35	00:21:00	00:13:14
Limpeza (Ar + Desengordurante + tela de limpeza)	00:04:47	00:02:05	00:11:09	00:04:44	00:08:40	00:03:03
Colocação da tinta base- 1 mão	00:02:00	00:01:00	00:06:46	00:03:35	00:05:29	00:00:44
Secagem (1-2)	00:08:15	00:04:59	00:07:43	00:03:27	00:06:30	00:03:32
Colocação da tinta base- 2 mão	00:06:00	00:02:57	00:04:35	00:01:36	00:03:55	00:01:18
Secagem (2-3)	00:10:15	00:02:13	00:10:00	00:02:41	00:06:00	00:02:50
Colocação da tinta base- 3 mão	00:02:35	00:01:32	00:03:49	00:01:40	00:06:30	00:06:22
Secagem (tinta- verniz)	00:08:08	00:04:52	00:08:57	00:06:01	00:09:30	00:02:07
Colocação verniz- 1 mão	00:07:00	00:05:34	00:06:12	00:04:43	00:14:00	00:04:15
Secagem (entre vernizes)	00:02:17	00:01:12	00:03:45	00:02:04	00:02:40	00:00:35
Colocação verniz- 2 mão	00:08:00	00:02:00	00:06:46	00:05:07	00:13:30	00:02:07
Cozedura final (com flash off)	00:46:11	00:08:21	00:50:54	00:17:01	00:55:30	00:00:42
Arrefecimento /Retirar isolamento	00:10:28	00:09:44	00:05:54	00:03:26	00:10:00	00:07:04
Total VA (h:mm:ss):	02:08:56		02:17:29		02:43:14	
Total NVA (hh:mm:ss):	00:24:36		00:30:05		00:22:57	
Tempo total Pintura (h):	02:33:32		02:47:34		03:06:11	

Na Figura 8, está representado por um gráfico circular a percentagem de VA e NVA de cada colaborador no processo de Pintura.

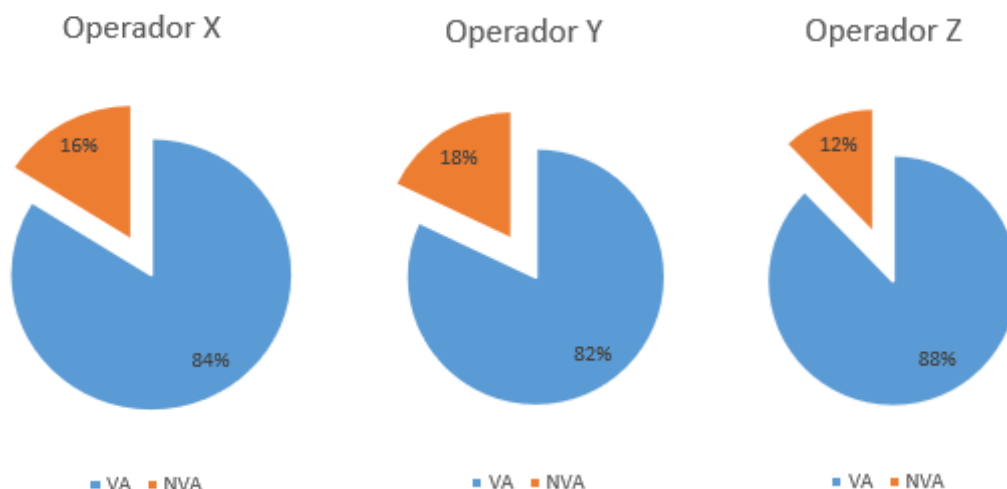


Figura 8 - Proporção de VA e NVA por colaborador, na Pintura

Pela análise da Figura 8, podemos verificar que o **Operador Z** é o que tem menor tempo de NVA, sugerindo que este é mais eficiente.

4.2 Modelação e Simulação da Preparação e Pintura

De modo a compreender melhor a dinâmica do fluxo produtivo dos processos de preparação da pintura e pintura, realizou-se uma simulação no software SIMIO. Na Figura 9, está ilustrado o modelo do estado atual do sistema num ambiente de simulação 2D do SIMIO.

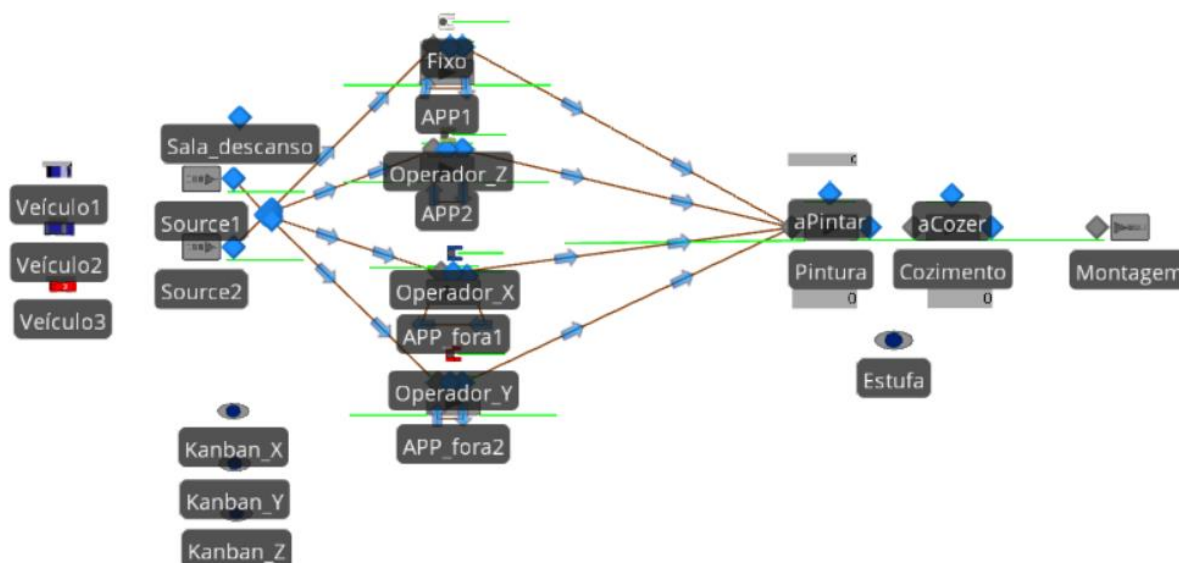


Figura 9 - Modelo geral no software SIMIO do processo de Preparação e Pintura

Pela análise da Figura 9 podemos verificar que, para modelar o sistema real, foram utilizados 3 *model entities*, 2 *sources* (que representam os dois tipos de clientes do Lote 4 - concessionários e *stands*), 6 *servers*, 4 *workers*, 4 *resources* e 1 *sink*.

- **Workers**

Na Figura 10, estão representados os quatro *workers* utilizados no modelo de simulação, isto é, os recursos que executam as tarefas e que representam os funcionários do setor da preparação da pintura e pintura, do Lote 4. Cada *worker* apresenta as suas características específicas que influenciam o desempenho do sistema, tendo o seu respetivo nome de modo a facilitar a sua identificação e acompanhamento ao longo do modelo de simulação. Na Figura 10, também está representado as propriedades definidas para o conjunto dos *workers*. Sendo de destacar, o facto de estes iniciarem a sua atividade no nó correspondente à sala de descanso, utilizado também para as pausas. Para além disso, foi definido um fator de lentidão predefinido em 10 que permite reduzir a velocidade de deslocação das entidades durante a animação, apenas para fins ilustrativos uma vez que as movimentações são raras neste sistema e seriam impercetíveis numa execução acelerada do mesmo, devendo ser ajustado para análise de resultados estatísticos.



Figura 10 - Representação e caracterização dos workers no SIMIO

- **Servers da Preparação**

No modelo de simulação são utilizados quatro servers de modo a representar o processo de Preparação da pintura. Como referido anteriormente (subsecção 4.1.1), cada um dos *workers* prepara o seu veículo nas respetivas APP ou fora delas. Desse modo, foram usados quatro servers diferentes, cada um destinado ao seu *worker*. Dois servers representam as APP designadas para o efeito de preparação da pintura, nomeadamente "APP1" e "APP2", e os dois restantes representam o espaço fora dessas áreas: "APP_fora1" e "APP_fora2" (Figura 11).

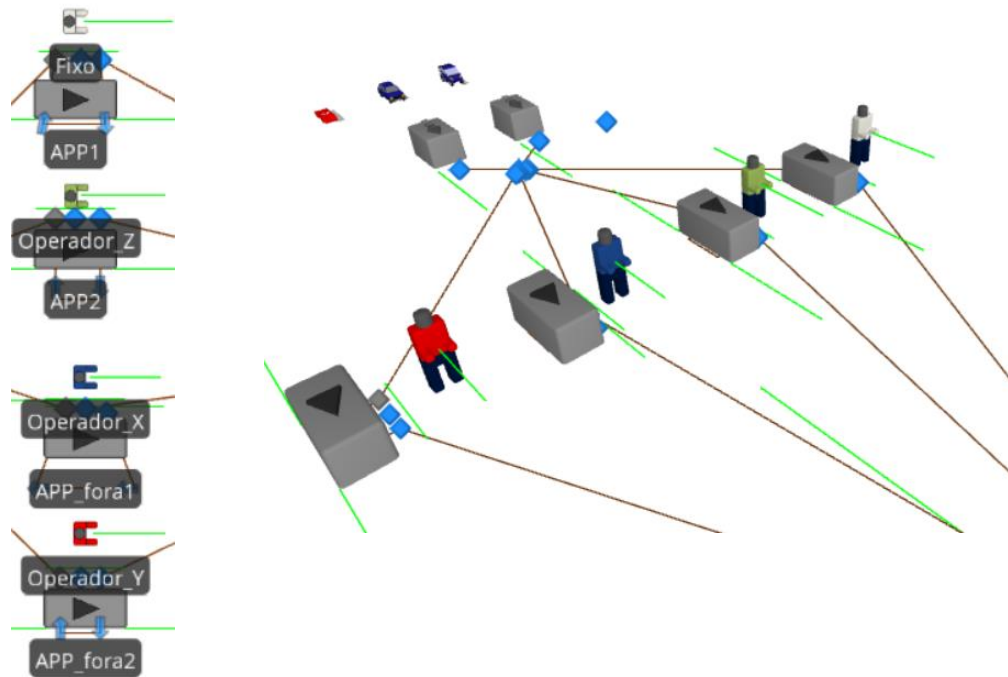


Figura 11 - Workers nas respectivas áreas de preparação (SIMIO)

Esta ação de preparação é realizada em períodos de 0.1 horas, permitindo que, posteriormente, possa ser interrompida. Assim, o funcionário poderá realizar o processo de pintura quando necessário e, em seguida, retornar ao mesmo veículo que estava a preparar. A Figura 12, ilustra as fases temporais do processo de preparação de um veículo e a propriedade associada a cada *server*, de modo a permitir este efeito.

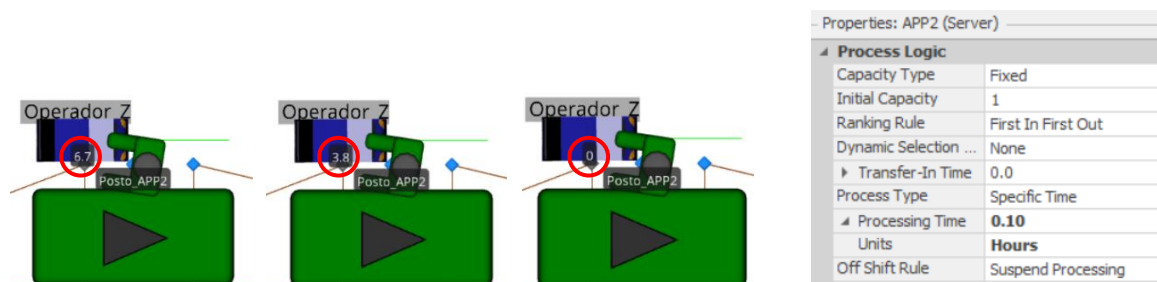


Figura 12 - Evolução do tempo de uma operação de preparação

À exceção do operador **Fixo**, todos os *workers*, além de serem preparadores, são também pintores. Como tal, o **Operador Y** fica, geralmente, encarregue dos veículos preparados pelo **Fixo**. Na Figura 13, está ilustrado o operador **Fixo** a transportar o veículo, já com o devido destinatário definido, para o nó do *server* da pintura, isto é, para a entrada da estufa. Este processo está representado no Apêndice 2, na Figura 44.



Figura 13 - Operador Fixo com veículo destinado ao pintor "Y"

- **Servers da Pintura e Cozimento**

Os *servers* da pintura e do cozimento representam todos os processos realizados na estufa ou cabine de pintura. O *server* da pintura representa o processo de pintura do automóvel, realizado pelo operador. Ao concluir esta tarefa, o *worker* retorna à sua área de preparação (como referido anteriormente), enquanto o veículo "avança" para a fase do cozimento, que envolve a secagem da pintura e não requer, por isso, a presença do operador. Na Figura 14, está representado o funcionamento da estufa, envolvendo ambos os *servers*, com a indicação do tempo restante da operação em horas.

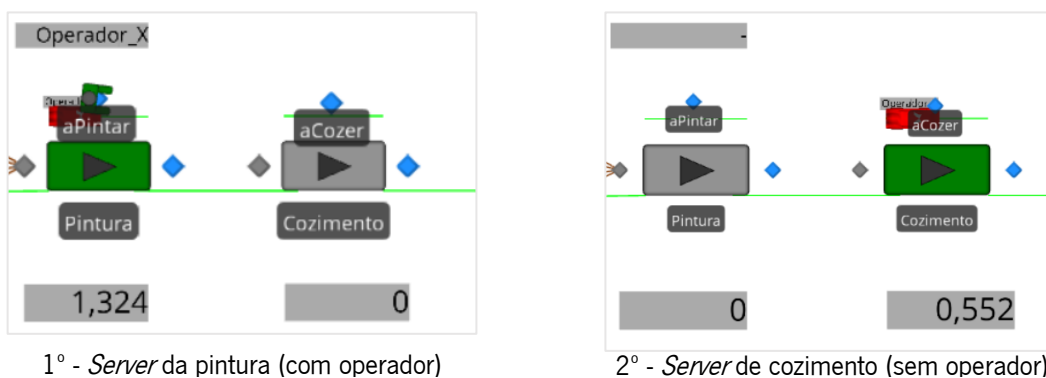


Figura 14 - Funcionamento da estufa: Servers de pintura e cozimento

A estufa é considerada um recurso crítico no sistema real, o que também se verifica na simulação, evidenciado pela fila de espera formada à entrada do *server* de pintura (Figura 15).

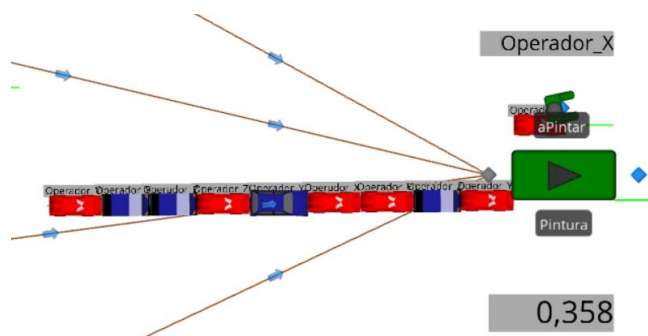


Figura 15 - Fila de espera para entrada na estufa (runtime de 50)

Para avaliar o estado de ocupação da estufa, foi elaborado o gráfico da Figura 16. A análise deste gráfico revela que a estufa (representado pelo espaço azul) apresenta poucos períodos de inatividade (representada pelo espaço vazio), o que confirma que é um recurso crítico. O espaço vazio é anterior ao estágio estacionário do modelo, estando ainda no período de aquecimento da simulação.

A área apresentada a vermelho e a verde correspondem, respetivamente, à ocupação do *server* de pintura e do *server* de cozimento ao longo do tempo da simulação(*runtime*).

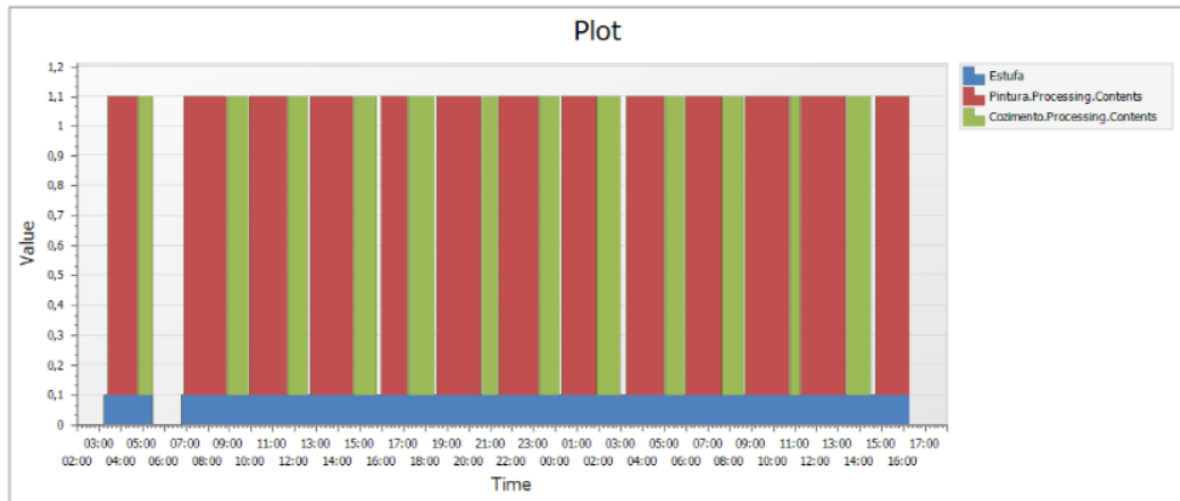


Figura 16 - Estado de Ocupação da Estufa ao longo do tempo

• Processos

No total foram utilizados 12 processos para modelar e simular o sistema em estudo. Na Figura 17, está representado o processo considerado "principal", constituído por vários *steps*. Este processo é responsável por designar logo o veículo que entra no sistema a um determinado operador. É responsável também pela definição do respetivo tempo de preparação, tempo de pintura e de cozimento de cada veículo. O step denominado "Agarra_Kanban" permite garantir que não há mais do que um veículo na respetiva área de preparação em simultâneo.

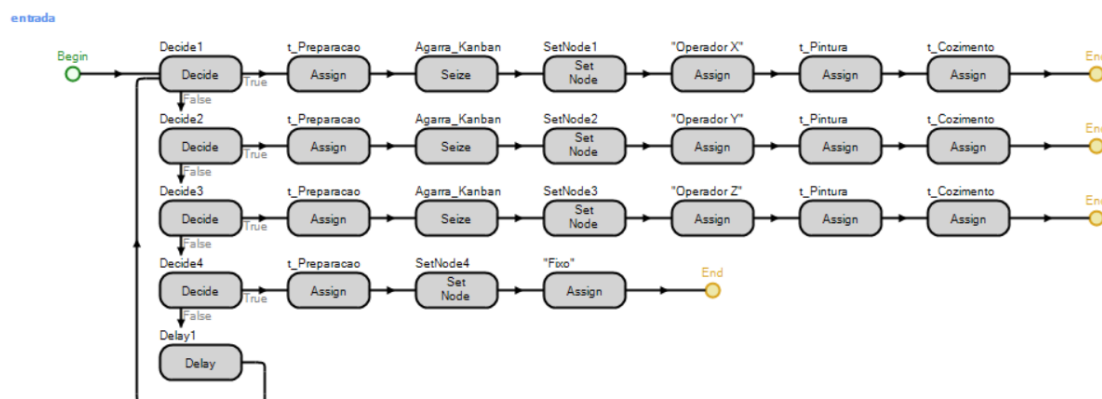


Figura 17 - Processo de inicialização na entrada de veículos

O Apêndice 2, apresenta os restantes processos utilizados no modelo de simulação.

- **Tempos e estocástica**

Os steps "assign" denominados por "**t_Preparação**", "**t_Pintura**" e "**t_Cozimento**" da Figura 17, representam em horas os tempos da Preparação, Pintura e Cozimento do veículo, respetivamente.

O "**t_Preparação**" de cada *worker*, foi definido de acordo com a distribuição de probabilidade *Pert*, de forma a refletir melhor a variabilidade do processo de Preparação (Figura 18). Esta distribuição é caracterizada por três parâmetros: o valor mínimo possível (valor menos provável de acontecer), o valor médio (valor mais provável de acontecer) e o valor máximo (valor menos provável de acontecer).

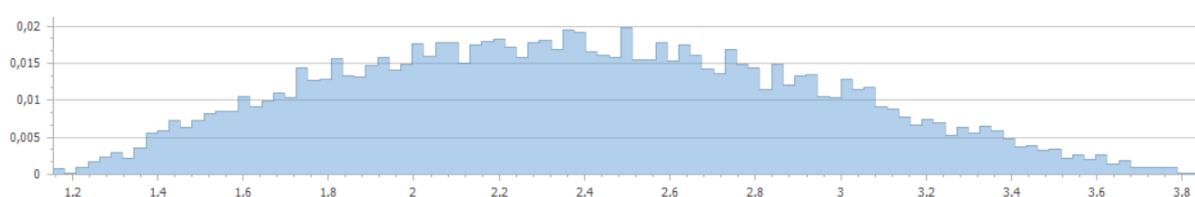


Figura 18 - Distribuição de *Pert* (exemplo para parâmetros do Operador X: 1.1, 2.3 e 4)

O valor médio foi obtido a partir do tempo total de preparação, apresentado anteriormente na Tabela 8, para cada operador. A Tabela 11 mostra os valores mínimos e máximos utilizados na distribuição de probabilidade, considerando cada operador. O valor mínimo da preparação foi calculado com base na soma dos valores mínimos de cada tarefa VA essencial e da média das tarefas NVA, calculada anteriormente na Tabela 7. O valor máximo foi determinado pela soma do valor máximo de cada tarefa VA e pela mesma média correspondente ao NVA de cada colaborador.

Tabela 11 - Valores máximos e mínimos da Preparação, por colaborador

	Operador X		Operador Y		Operador Z		Fixo	
	Mínimo (**)	Máximo	Mínimo (**)	Máximo	Mínimo (**)	Máximo	Mínimo (**)	Máximo
(*) Colocar betume	-	00:02:33	-	00:02:39	-	00:04:22	-	00:05:30
(*) Lixar betume	-	01:05:08	-	00:36:05	-	00:36:21	-	01:14:13
Colocação de primário (c/isolamento e retirada)	00:02:08	00:06:48	00:03:00	00:03:58	00:07:32	00:16:00	00:13:24	00:25:22
Lixar c/disco e esponja (c/ isolamento)	00:21:10	01:02:29	01:23:45	02:15:52	00:46:31	03:26	00:46:31	02:41:00
(*) Catados- Colocação betume	-	00:06:06	-	00:13:38	-	00:08:09	-	00:30:00
(*) Catados- Lixagem betume	-	00:15:00	-	00:57:56	-	00:39	-	00:30:00
Limpeza (ar+ desengordurante+ vidros+ grossuras)	00:01:55	00:08:01	00:08:09	00:50:06	00:17:23	00:31	00:18:17	01:23:00
Isolamento	00:04:01	00:41:41	01:32:20	02:45:17	00:56:27	02:02:00	01:25:24	01:57:26
Total VA (hh:mm:ss):	00:29:14	3:27:46	03:07:14	07:45:31	02:07:53	07:43:34	02:43:36	08:46:31
Total NVA (hh:mm:ss):	00:42:24	00:42:24	00:19:03	00:19:03	00:15:44	00:15:44	00:21:06	00:21:06
Total VA+NVA (hh:mm:ss):	01:11:38	04:10:10	03:26:17	08:04:34	02:23:37	07:59:18	03:04:43	09:07:38

(*) O veículo pode não necessitar deste tipo de tarefa.

(**) Valor dado pela soma de todas as tarefas obrigatórias para preparar o veículo.

Na Figura 19, está exemplificado o tempo de preparação definido através da distribuição *Pert* para o **Operador X**, arredondado a uma casa decimal.

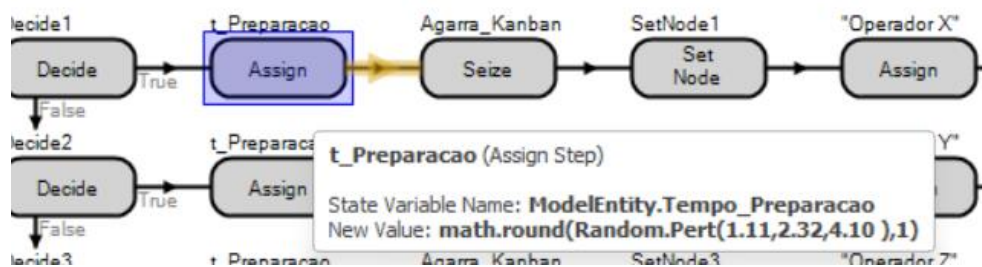


Figura 19 - Definição do tempo de preparação no processo do Operador X

Para definir o "**t_Pintura**" de cada operador, considerou-se todas as tarefas VA apresentadas anteriormente na Tabela 10, até à etapa "colocação verniz - 2ª mão". Ou seja, incluí todas as atividades que acontecem no *server* da pintura. O tempo de pintura final de cada colaborador foi determinado pela soma dos valores aleatórios correspondentes a cada tarefa VA selecionada, gerados a partir de uma distribuição normal, e a média do valor NVA. No Apêndice 3, estão apresentados todos os cálculos, relativamente à definição do tempo de pintura, para cada colaborador.

Na Figura 20, está exemplificada a definição dos valores do processo de pintura para um veículo, neste caso destinado ao **Operador X**.

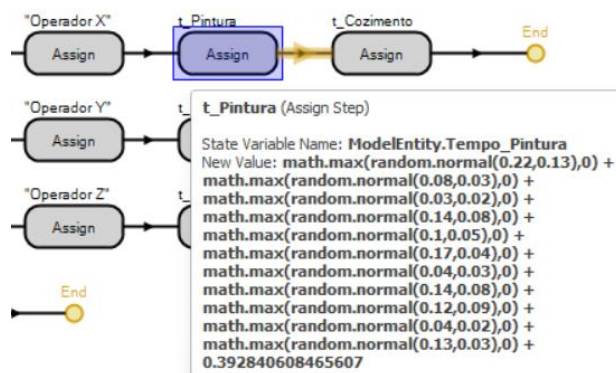


Figura 20 - Definição do tempo de pintura no processo do Operador X

O "**t_Cozimento**" foi determinado seguindo o mesmo raciocínio do "**t_Pintura**". Para a determinação do tempo de cozimento apenas foram consideradas duas etapas VA descritas na Tabela 10: "Cozedura Final (com arrefecimento)" e "Arrefecimento/ Retirar isolamento", sendo que não foi considerado nenhum valor NVA, visto o operador não se encontrar presente no *server* de cozimento. No Apêndice 3, estão apresentados todos os cálculos relativamente à definição do tempo de cozimento, para cada colaborador. Na Figura 21, está exemplificada a definição dos valores relativamente ao tempo de cozimento dos veículos destinados ao **Operador X**.

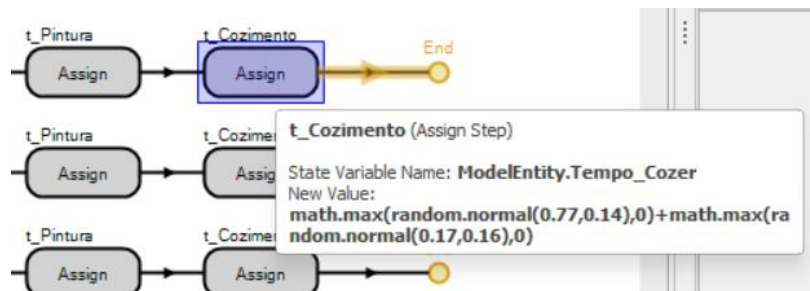


Figura 21 - Definição do tempo de cozimento no processo do Operador X

• Execução /runtime

De seguida, são apresentadas e descritas algumas imagens do modelo global durante a sua execução.

A Figura 22 destaca o facto de estar a decorrer o processo de pintura, com o recurso "Estufa" ativo. Três operadores estão a preparar veículos com tempos de preparação diferentes, nomeadamente 7.3 horas, 4.4 horas e 2.2 horas. O outro operador encontra-se a pintar, faltando apenas 0.645 horas (cerca de 39 minutos) para concluir a operação. O recurso "Kanban_X" encontra-se desativo uma vez que o **Operador X** não tem nenhum veículo à sua espera para preparar. Após terminar o processo de pintura o operador vai, por isso, para a sala de descanso até à chegada de um novo veículo.

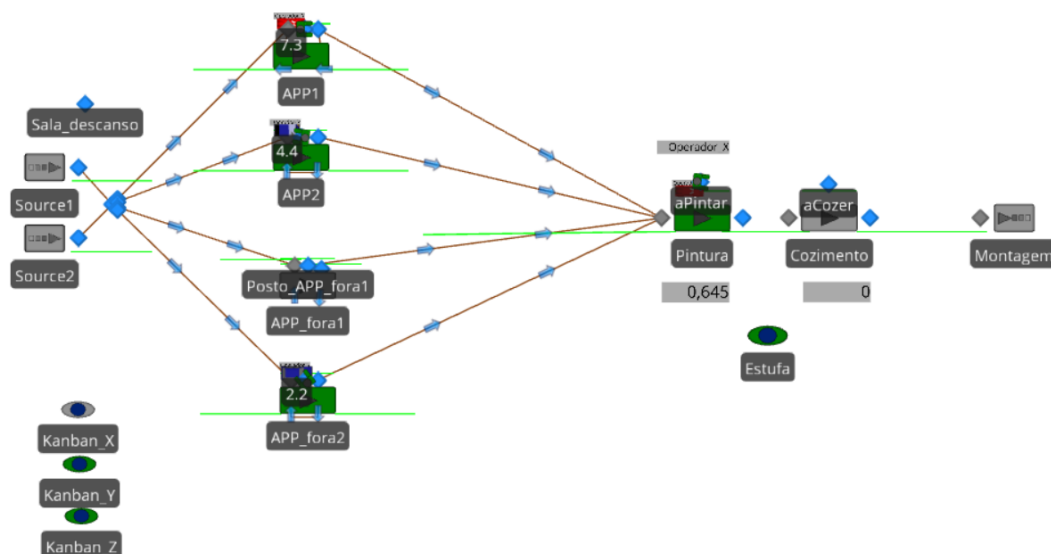


Figura 22 - Pintor a efetuar a pintura e kanban desativado

Na Figura 23, está representado o pintor X a voltar à sua respetiva área de preparação após a conclusão do processo de pintura (valor nulo), enquanto um veículo aguarda para continuar a ser preparado, mantendo o recurso "Kanban_X" ativo. Os restantes operadores seguem com as suas atividades de preparação. O veículo pintado, desloca-se para a fase de cozimento.

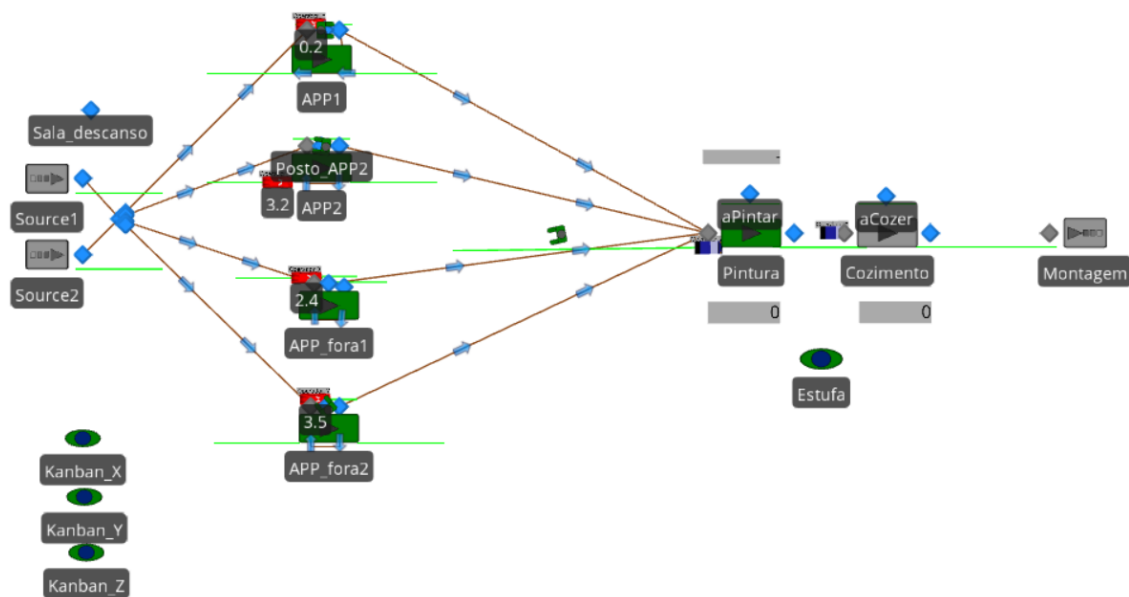


Figura 23 - Pintor a voltar à respectiva APP e kaban ativado

Na Figura 24, está apresentado o processo de cozimento do veículo, cuja operação terminará em 0,805 horas, ou seja, em cerca de 43 minutos. É de notar que o recurso "Estufa" permanece ativo e que já existe uma fila de espera para o processo de pintura.

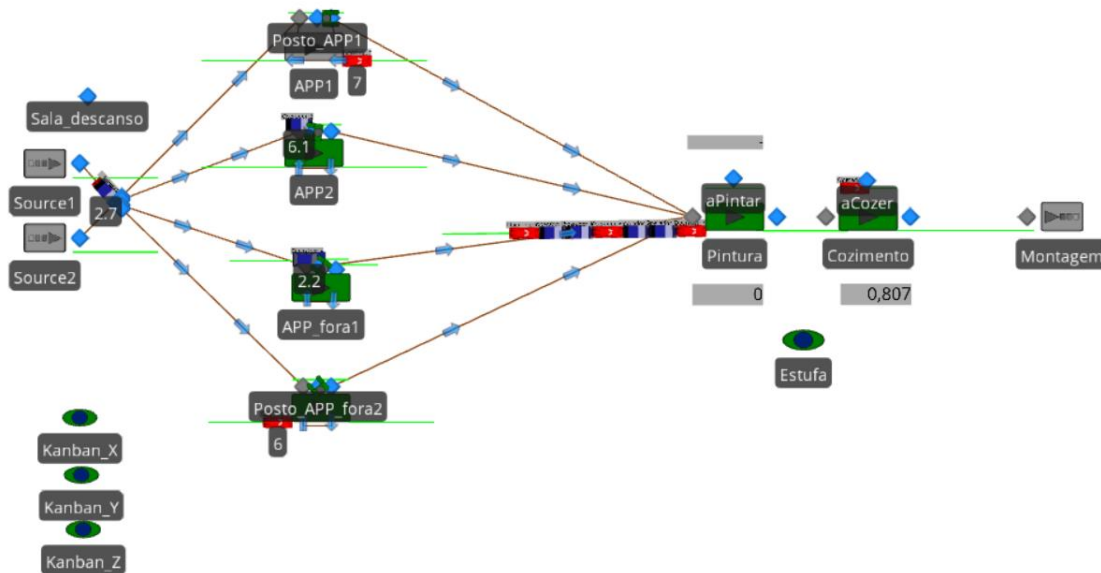
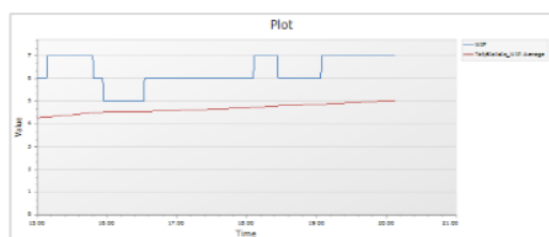


Figura 24 - Veículo na fase de cozimento e fila de espera na pintura

• Gráficos produzidos

Na Figura 25, são apresentados dois gráficos gerados durante a execução do modelo correspondendo ao mesmo instante de tempo, ou seja, aproximadamente a 20 horas de *runtime*.

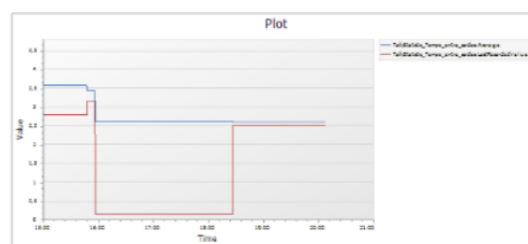
Gráfico 1 - WIP



7

5,023...

Gráfico 2 - Tempo entre saídas



2,508...

2,595...

3,08

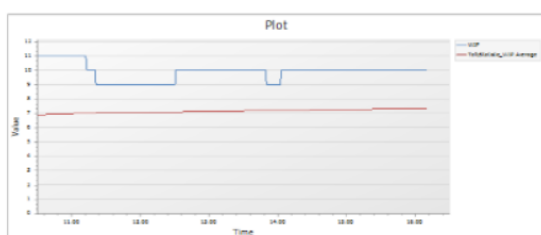
Figura 25 - Gráficos referentes ao WIP e tempo entre saídas (runtime de 20 horas)

No Gráfico 1, está representado em azul o *Working in Process* (WIP), isto é, o número de veículos a ser processados no instante atual do modelo, que neste caso são 7 veículos. Em vermelho, está representado o número médio de veículos a ser processados por hora (WIP médio), que é aproximadamente 5 veículos.

No Gráfico 2, a linha azul representa o intervalo de tempo entre as duas últimas saídas de veículos do sistema, que foi de aproximadamente 2,5 horas. A linha vermelha, por sua vez, indica o tempo médio em horas necessário para a saída de dois veículos consecutivos, estimado em cerca de 2,6 horas. Por fim, o valor 3,08 representa o número médio de veículos que saem diariamente, considerando um período de 8 horas de trabalho.

Na Figura 26, estão representados os mesmos gráficos, mas correspondentes ao instante de 40 horas de execução do modelo de simulação (que corresponde a uma semana de trabalho).

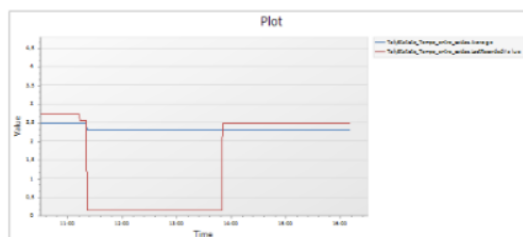
Gráfico 1 - WIP



10

7,328...

Gráfico 2 - Tempo entre saídas



2,474...

2,310...

3,46

Figura 26 - Gráficos referentes ao WIP e tempo entre saídas (runtime de 40 horas)

Ao comparar os gráficos gerados no instante de 20 horas com os do instante de 40 horas (cerca do dobro do tempo), observa-se uma diferença mais significativa nos valores do Gráfico 1 no instante de 40 horas. Tanto o WIP como o WIP médio apresentam valores maiores no instante de 40 horas, resultantes da acumulação de veículos na estufa, o que indica um efeito gargalo.

4.3 Zona de Apoio à pintura

A zona de apoio à pintura é utilizada mutuamente pelos pintores e preparadores (de carroçarias, peças e jantes). Esta área contém equipamentos como pistolas de pintura, máquinas de limpeza das pistolas e materiais como líquido desengordurante, diluente de acrílico, primário, aderente, coadores, betume de chapa, restos de tinta, entre outros. Esta é a zona mais movimentada na oficina, com pelo menos 6 pessoas a utilizá-la diariamente, tornando-se uma zona desorganizada e suja, o que reduz a eficiência do trabalho e aumenta o risco de contaminação dos produtos químicos e equipamentos de pintura.

4.4 Deslocações

Os preparadores e os pintores deslocam-se frequentemente da área de preparação e do laboratório de tintas, respetivamente, até um armário localizado no fundo da oficina e para a zona de apoio para obter materiais essenciais ao seu trabalho diário. Essas movimentações constantes resultam em múltiplas travessias dentro da oficina, levando ao desperdício de tempo e energia, além de aumentar o risco de tropeços devido à presença de obstáculos como ferramentas, peças e equipamentos no caminho. Além disso, essas movimentações elevam o nível de distração dos operadores. Adicionalmente, o uso frequente de materiais e equipamentos da zona de apoio à pintura pelos preparadores intensifica o volume de deslocações, o que prejudica ainda mais o fluxo de trabalho e contribui para uma maior desordem. Na Figura 27, estão ilustradas as referidas deslocações realizadas pelos pintores e preparadores para obter materiais de consumo.

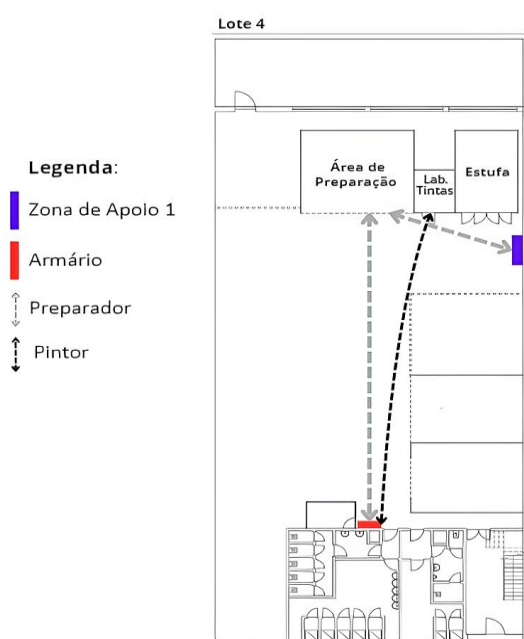


Figura 27 - Deslocações dos preparadores e pintores (layout atual)

O armário (destacado a vermelho), situado a uma distância de cerca de 50 m do local de trabalho, armazena diversos materiais essenciais às operações e contém itens de consumo como lixas, esponjas, luvas e fitas de isolamento para os preparadores, e telas de limpeza e luvas para os pintores. Além disso, serve como armazenamento de outros materiais em *stock*, como *sprays* de primário, aderentes e endurecedores, entre outros, que estão presentes na zona de apoio da pintura.

A Zona de Apoio 1 ou Zona de Apoio à pintura (destacada em azul), é a zona mais próxima da área de preparação e da estufa, sendo que deveria ser utilizada exclusivamente pelos pintores, com os preparadores a usarem-na apenas quando necessário, para aplicar primário ou outros materiais com pistola de pintura. Contudo, o mesmo não acontece, pois, materiais recorrentemente utilizados pela preparação, como o betume e espátulas para aplicação, bem como *sprays* de primário, também estão alocados nesta zona. Para avaliar os custos operacionais associados às deslocações, foi calculada a média do tempo gasto pelos operadores para se deslocarem até ao armário e até à zona de apoio, com base numa amostra de 20 medições, isto é, 5 medições para cada operador (Apêndice 5). A Tabela 12 apresenta os custos totais mensais dessas deslocações para os 4 preparadores e 3 pintores, por cada consumível.

Tabela 12 - Custo mensal estimado das deslocações (layout atual)

Custo/ hora/ trabalhador (base salário mínimo): 4.65 €

Nº médio de veículos/ preparador/ mês: 15

Nº médio de veículos/ pintor/ mês: 20

	Tipo de Material	Nº de deslocações médias/ veículo	Tempo médio deslocação ida e volta (horas)	Custo/mês/ trabalhador	Custo Total /mês
Preparadores (n=4)	Discos de Lixas	6	0.01750	7.32 €	29.30 €
	Esponjas	1	0.01750	1.22 €	4.88 €
	Luvas	1	0.01750	1.22 €	4.88 €
	Fitas de isolamento	3	0.01750	3.66 €	14.65 €
	Betume	5	0.006389	2.23 €	8.91 €
	Espátula*	2	0.006389	0.89 €	3.57 €
Pintores (n=3)	Luvas	1	0.01750	1.63 €	4.88 €
	Tela de limpeza	1	0.01750	1.63 €	4.88 €
Total:					75.95 €

* Nota: O operador faz deslocações para limpar a espátula.

Legenda: ■ Armário ■ Zona de Apoio 1

A frequência das deslocações, depende de várias variáveis como o tipo de serviço necessário a realizar, os danos do veículo e as características do operador. Neste caso, o serviço utilizado como referência foi a pintura geral, o serviço mais completo e comum na oficina. O consumo de *sprays de primário* e outros materiais armazenados num destes locais não foi contabilizado, pois para além da sua utilização variar entre veículos é difícil monitorizar o seu consumo.

No total, o custo mensal das deslocações dos operadores é de cerca de **75.95 €**, resultando num custo anual de cerca de **911.40 €**.

4.5 Pintura

Idealmente, uma pintura deve apresentar uma cor consistente e uniforme em toda a superfície, sem arranhões, manchas, asperezas ou irregularidades. No entanto, sempre que uma operação de pintura é realizada num automóvel, existe o risco de surgirem defeitos na área intervencionada. Geralmente, é possível eliminar esses defeitos sem a necessidade de repintura, todavia, independentemente de haver ou não a necessidade de repintar, implica sempre o consumo de material e, principalmente, tempo de trabalho, reduzindo a eficiência e a rentabilidade da oficina. Estes defeitos podem ser causados por erros durante a realização das operações de preparação e limpeza de superfícies, preparação, aplicação e secagem dos produtos ou até por má ou ausente manutenção dos equipamentos.

Existem diversos tipos de defeitos que podem surgir numa pintura automóvel, sendo que a Figura 28 destaca os defeitos mais comuns encontrados nas pinturas realizadas na oficina durante o período de realização desta dissertação, conforme também observado e reportado pelos operadores envolvidos no processo de pintura e polimento.

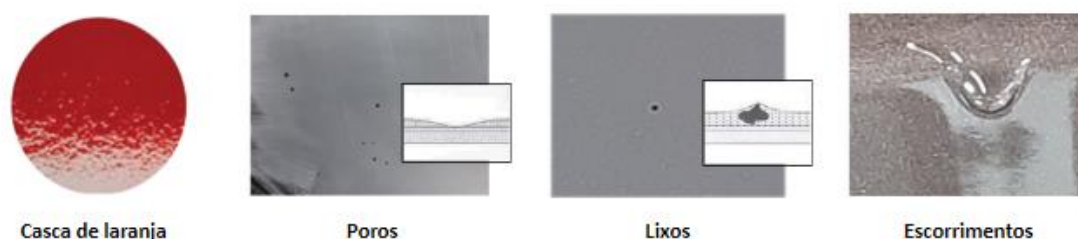


Figura 28 - Defeitos da pintura

A “casca de laranja” é um defeito que confere ao verniz uma textura ondulada, semelhante à casca de laranja. Os poros ou correntemente categorizados por “cabeças de alfinete”, são depressões na superfície do verniz, com rebordos salientes e surgem pela contaminação de silicones (gorduras). Os lixos ou impurezas, são partículas estranhas que contaminam a pintura e que formam pequenas

elevações/ irregularidades na superfície. Por fim, os escorridos, em forma de gotas ou ondas, que ocorrem pela acumulação de verniz.

Estes defeitos são geralmente corrigidos na área de polimento, sem a necessidade de repintura, através da lixagem manual utilizando uma lixa de granulagem fina e máquinas de polimento. No entanto, este processo pode danificar a pintura, exigindo repintura adicional. Isso impacta negativamente o fluxo de trabalho da pintura, causando atrasos (desperdício de espera) e um aumento significativo dos custos, o que representa um desperdício de tempo e recursos.

Como a empresa não possui um sistema de contagem de defeitos, foi criada uma folha específica para essa finalidade, permitindo a identificação do tipo de defeito e a sua respectiva localização no veículo (Apêndice 4). Com base nos dados recolhidos das folhas referentes a uma pintura geral, foi elaborada a Tabela 13. No total, foram acompanhados 20 veículos ao longo de 3 meses, mas apenas 18 foram considerados para a amostra, uma vez que dois desses apresentaram valores atípicos de defeitos. Estes defeitos resultaram da aplicação de produtos com silicone pelos clientes (que aumentam a presença de poros) e de avarias nas pistolas de pintura (que afetaram o número de escorridos). Embora estes fatores sejam esporádicos, ambos exigiram a repintura dos veículos.

Tabela 13 - Média de defeitos numa pintura geral por pintor

Defeitos/Veículo/ operador	Lixos	Escorridos	Poros
Pintor X	35	1	12
Pintor Y	35	1	6
Pintor Z	30	2	5

É de considerar que alguns destes defeitos podem não ser detetados, uma vez que são inspecionados visualmente. No caso dos poros, devido à sua dimensão reduzida foram considerados apenas aqueles com dimensões significativas. O defeito "casca de laranja" esteve presente na maioria das superfícies pintadas na oficina, porém sem apresentar ondulações ou irregularidades extremas nas amostras recolhidas. Por essa razão, o defeito não foi contabilizado, pois foi facilmente corrigido com o polimento habitual da superfície, sem a necessidade de trabalhos adicionais de correção.

Com o objetivo de reduzir os defeitos identificados, foi realizada uma pesquisa sobre as possíveis causas do seu surgimento, conforme detalhado na Tabela 14, tendo-se classificado as possíveis causas nas seguintes categorias: Homem, Máquina, Material e Ambiente.

Tabela 14 - Causas potenciais de Defeitos na Pintura

Tipo de Defeito	Nº	Possíveis Causas	Categorias
Casca de laranja	1	Incorreta distância entre a pistola e a superfície.	Homem
	2	Muita pressão na aplicação do verniz.	Homem
	3	Excesso/ falta de verniz na aplicação.	Homem
Poros	4	Circuito de ar comprimido contaminado.	Máquina
	5	Saturação dos filtros de carvão ativo (no interior da estufa).	Máquina
	6	Uso de cremes e perfumes por parte do pintor.	Homem
	7	Limpeza inadequada da superfície a pintar.	Homem
	8	Contaminação do ar por produtos que contêm silicones (podendo vir do uso prévio do cliente).	Ambiente
Lixos/ impurezas	9	Saturação dos filtros da estufa (chão, teto, etc).	Máquina
	10	Pouca atenção na abertura e fecho da porta da estufa.	Homem
	11	Falta de limpeza do piso da estufa antes de iniciar a pintura.	Homem
	12	Deixar objetos e lixo dentro da estufa (Apêndice 7).	Homem
	13	Fatos de pintura contaminados e mal armazenados (Apêndice 7).	Material
	14	Réguas de diluição e material de mistura contaminado (Apêndice 7).	Material
	15	Panos de microfibra e telas de limpeza contaminados.	Material
	16	Limpeza inadequada da superfície a pintar.	Homem
	17	Ausência de luvas na limpeza da superfície e no processo de pintura.	Homem
	18	Pistolas de pintura mal limpas.	Homem
	19	Bicos doseadores das tintas sujos (Apêndice 7).	Material
	20	Apoios/ suportes das peças contaminados.	Material
	21	Sujidade na cave das rodas (Apêndice 7).	Material
	22	Ambiente sujo e empoeirado na oficina.	Ambiente
Escorridos	23	Incorreta distância entre a pistola e a superfície.	Homem
	24	Excesso de verniz na aplicação.	Homem
	25	Tempo incorreto de "flash off" e secagem entre demãos.	Homem
	26	Incorreta catalisação do produto.	Homem
	27	Problemas com a pistola de pintura.	Máquina

No entanto, mesmo controlando todos os fatores anteriores, os defeitos podem surgir de forma imprevisível.

De modo a ajudar a identificar e priorizar as causas mais significativas no conjunto das quatro categorias (Homem, Máquina, Material e Ambiente) foi elaborado o Diagrama de Pareto, como ilustrado na Figura 29.

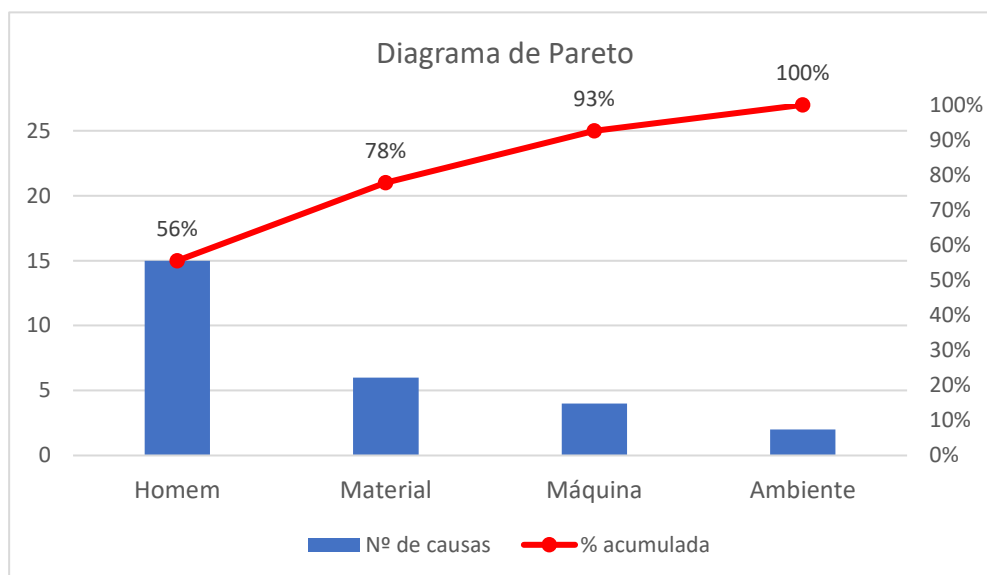


Figura 29 - Diagrama de Pareto

Através da interpretação do gráfico da Figura 29, podemos concluir que as categorias "Homem" e "Material" representam cerca de 78% das causas de defeitos. Assim sendo, as possíveis causas de defeitos associadas a estas categorias devem ser priorizadas nas ações de melhoria.

5. Propostas de melhoria

Nesta secção, serão desenvolvidas melhorias focadas exclusivamente na preparação (de carroçarias) e pintura, seguindo a filosofia *Lean* para a redução de desperdícios, eliminando atividades desnecessárias e melhorando a eficiência e qualidade do trabalho.

5.1 Melhorias no Fluxo Produtivo

Para melhorar o fluxo produtivo dos processos de Preparação da pintura e Pintura, e reduzir os desperdícios associados (secção 4.1 e 4.2), foram propostas diversas melhorias.

5.1.1 Preparação da pintura

Na Tabela 15, são apresentadas soluções de melhoria para o processo de preparação da pintura, com o objetivo de melhorar o fluxo de trabalho, diminuir os desperdícios e aumentar a produtividade, contribuindo para operações mais rápidas e eficientes. A proposta de melhoria que se espera que tenha mais impacto no fluxo de trabalho é a apresentada na linha "Preparadores". Esta solução visa fomentar o trabalho em equipa de modo a não existirem desperdícios como: tempo de espera (enquanto o pintor está a pintar o veículo ou a realizar outra tarefa, o veículo que estava a preparar fica parado); transporte (devido aos veículos não se encontrarem no local apropriado existe uma maior desorganização que leva a movimentações constantes dos automóveis); e, por fim, defeitos na pintura (veículos preparados fora das APP podem contaminar o ambiente geral da oficina e a estufa). A Figura 30, representa dois cenários hipotéticos de trabalho em equipa, realizados pelos operadores nas respetivas áreas de preparação, caso o trabalho em equipa fosse implementado.

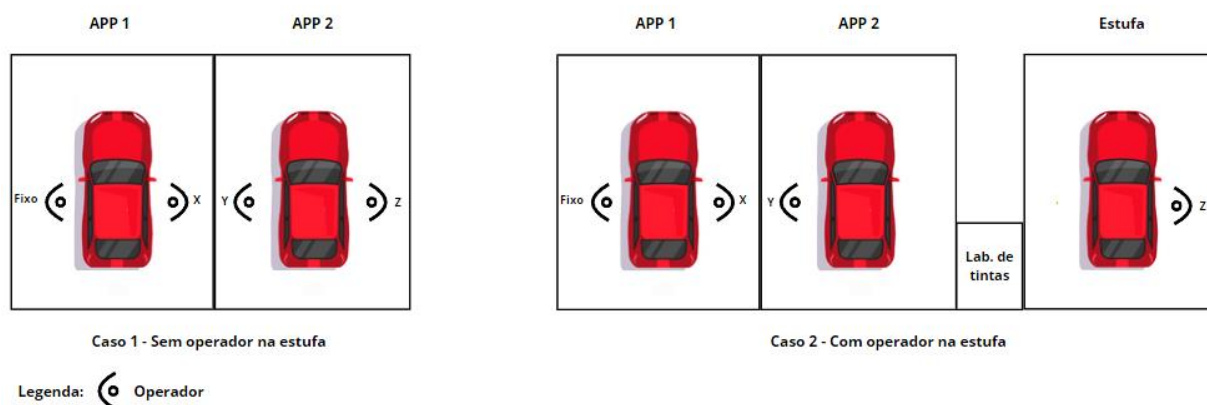


Figura 30 - Cenários hipotéticos de grupos de trabalho nas áreas de preparação

Tabela 15 - Soluções de melhoria para o processo de Preparação da pintura

Preparação da Pintura			
	Problema	Consequência	Soluções de melhoria
Operações Gerais			
Preparadores	Cada um dos operadores prepara o seu veículo, fazendo com que existem veículos a serem preparados fora das Áreas de Preparação da Pintura (APP), designadas para o efeito.	Desorganização de veículos, dispersão de materiais e/ou ferramentas (com risco de tropeço), aumento do tempo de espera (veículos ficam à espera do respetivo operador), aumento de defeitos da pintura.	Trabalho em pares, ie, considerando que a APP tem capacidade para acomodar dois veículos e no total existem 4 preparadores, cada par prepara o seu veículo no local apropriado.
NVA			
Buscar material (massa, spray, lixas, fitas isoladoras, panos, limpar espátula...)	O material encontra-se disperso pela oficina e/ou encontra-se longe do local de trabalho.	Maior tempo de movimentação (deslocação + procura do material + distração).	Alteração de <i>layout</i> e melhoria na organização do material (desenvolvido na secção 5.3.
Mover veículos	Os operadores movem constantemente os veículos de um lado para o outro.	Perda de tempo em mover veículos, o que não acrescenta valor - desperdício de transporte.	Maior organização dos veículos na oficina e, adoção do método <i>kanban</i> ⁴ .
Operador X	O Operador X é o que tem maior tempo de comunicação e transporte de veículos.	Aumento do tempo de espera do veículo, diminuição da produtividade e eficiência operacional do mesmo.	Maior empoderamento e capacitação dos outros colaboradores, estabelecimento claro de papéis.

Recomenda-se ainda a implementação de KPI's (*Key Performance Indicators*), como o tempo de preparação (*lead time*), tempo ou percentagem de NVA e produtividade da mão-de-obra.

5.1.2 Pintura

Na Tabela 16, são propostas melhorias para o processo de pintura, com o objetivo de reduzir os desperdícios associados e diminuir o efeito gargalo sentido na estufa, conforme demonstrado pela simulação realizada na secção 4.2.

⁴ *Kanban*: método de gestão visual que facilita a visualização do fluxo de trabalho, promovendo a clareza e transparência das tarefas.

Tabela 16 - Soluções de melhoria para o processo de Pintura

Pintura			
	Problema	Consequência	Soluções de melhoria
Operações Gerais			
Pintores	Cada pintor pinta o respetivo veículo que preparou, à exceção do Operador Y que pinta os veículos preparados pelo Fixo (que só é preparador).	Sobrecarga de uns operadores em relação a outros, restrições na execução da tarefa.	Aleatoriedade da tarefa e formação do preparador Fixo.
NVA			
Fazer tinta (c/ procura e preparação de materiais)	Os materiais para fazer a tinta nem sempre estão acessíveis e limpos quando necessários no laboratório de tintas.	Perda de tempo na procura e limpeza dos materiais para realizar a tarefa.	Os materiais devem estar disponíveis, próximos e limpos antes de iniciar a preparação da tinta (5S). Deve-se potenciar o trabalho padronizado.
Lavar pistola (de tinta)	A pistola de pintura não é lavada logo após a utilização.	Aumento do risco de defeitos e espera do veículo e/ou peças para pintar.	Lavar a pistola de pintura entre o tempo de secagem da tinta e verniz.
Buscar material (desengordurante, tela de limpeza, luvas, pistola, filtros, fato, máscara, outros)	O material encontra-se disperso pela oficina e/ou encontra-se longe do local de trabalho e não existe uma sequência estabelecida no processo.	Maior tempo de movimentação (deslocação + procura do material + distração).	Colocar os materiais próximos uns dos outros (alteração de layout - secção 5.3), com locais específicos para o seu armazenamento (aplicação 5S na zona de apoio-secção 5.2) e potenciar o trabalho padronizado.

De forma a potenciar o trabalho em equipa referido na subsecção anterior (5.1.1), propôs-se a aleatoriedade na escolha do colaborador responsável pela pintura do automóvel. Assim, pretende-se que cada preparador trate todos os veículos de igual forma. Sugere-se também a formação do **Operador Fixo** como pintor, de modo a existir maior equidade nas tarefas e evitar a sobrecarga dos restantes colaboradores. Após o pintor concluir a sua função na estufa, este deve retornar à sua função de preparador, sendo que se coloca a questão: para onde vai? Considerando que o veículo não pode ser retirado da estufa até à finalização do processo de cozimento, o pintor seguinte não poderá iniciar imediatamente a pintura. Por isso, sugere-se, numa fase inicial, o último pintor retornar para junto do operador que estiver "sozinho". No entanto, durante o decorrer do processo de pintura, poderá existir

mudanças na dinâmica entre os 3 preparadores, dependendo do tipo de serviço, do estado de desenvolvimento e da urgência de cada veículo em preparação, entre outros fatores.

Sugeria-se, ainda, a inclusão de uma nova etapa associada ao processo de pintura, que consiste na inspeção ou verificação do veículo pelo pintor designado. Esta etapa poderia ser feita imediatamente antes do veículo entrar na estufa, permitindo que eventuais ajustes sejam feitos nas APP e não na estufa, como por vezes acontece. Além disso, esta abordagem permitiria ao pintor estudar previamente o veículo destinado a pintar.

Com a recolha contínua de dados VA e NVA dos processos de preparação da pintura e pintura, através da adoção de sistemas informatizados, a empresa poderá monitorizar o seu desempenho operacional com base em indicadores de desempenho (KPI's), como o tempo de pintura (*lead time*), produtividade da mão-de-obra e a taxa de retrabalho. Desta forma, obterá um maior conhecimento dos seus processos, facilitando a identificação e avaliação de oportunidades de melhoria.

5.2 Aplicação do 5S na Zona de Apoio à pintura

Com o objetivo de promover um ambiente de trabalho que favoreça continuamente a organização, limpeza, segurança, qualidade, eficiência e produtividade, propôs-se a implementação da metodologia 5S. Na Figura 31, está ilustrada a intervenção referente aos três primeiros S na área de apoio à pintura.



Figura 31 - Aplicação dos primeiros 3S na zona de apoio à pintura.

Seguindo a metodologia 5S, foram realizadas as seguintes ações:

- **1º S – Seiri (Classificação)**

Primeiramente, com o auxílio de um colaborador experiente, os itens foram classificados em necessários e desnecessários. A maioria dos itens desnecessários consistia em restos de tinta obsoletos, sem etiqueta de identificação ou mal acondicionados. Embora esta não seja a área ideal para a sua colocação, devido à exposição à sujidade e poeira da oficina, optou-se, temporariamente, por mantê-los, devido à falta de espaço no laboratório de tintas, que seria o local mais adequado para o seu armazenamento.

- **2º S – Seiton (Organização)**

Em seguida, foram estabelecidos locais específicos para cada item considerado necessário. Esses itens foram realocados com base na frequência de uso: os materiais e equipamentos de uso mais frequente foram colocados em locais mais visíveis e acessíveis, enquanto os menos frequentes foram armazenados nos armários. A mudança mais significativa envolveu os restos de tinta, que foram organizados de forma cuidadosa na mesma prateleira, todos devidamente identificados (Figura 32).



Figura 32 - Intervenção 2S com restos de tintas.

Os colaboradores comprometeram-se a rotular os futuros restos de tinta com a respetiva identificação do veículo e a data em que utilizaram a tinta, além de fecharem adequadamente as embalagens. Caso contrário, serão consideradas tintas inutilizáveis.

- **3ºS – Seiso (Limpeza)**

Nesta primeira intervenção 5S, o revestimento de proteção das bancadas foi substituído, o lixo no chão foi removido e os materiais expostos foram limpos. A máquina de lavar pistolas de verniz e primário, que estava em desuso, foi devidamente limpa e voltou a ficar operacional. No entanto, ainda é necessária uma limpeza mais profunda aos armários, paredes e chão, que continuam com tinta encrustada.

- **4º S – Seiketsu (Padronização)**

Para assegurar e monitorizar a limpeza e organização regular desta área, foram criados dois documentos: um registo que lista todos os itens a serem higienizados e organizados, juntamente com a frequência

correspondente, e uma lista de verificação diária de todos os equipamentos presentes nesta zona, para verificar a sua disponibilidade e condição no final do dia (Apêndice 8). A criação destes documentos visa padronizar os procedimentos de manutenção e limpeza do local de trabalho, que devem ser revistos e ajustados conforme necessário.

- **5º S – *Shitsuke* (Disciplina)**

Sendo essencial criar uma cultura organizacional onde todos os colaboradores se sintam responsáveis pela manutenção dos padrões 5S, recomenda-se, portanto, realizar continuamente ações de formação para que todos os colaboradores desenvolvam hábitos e comportamentos alinhados com a metodologia. Além disso, é importante oferecer algum tipo de recompensa como incentivo para a manutenção destas práticas 5S. Valorizar e incentivar sugestões de melhoria por parte dos colaboradores é igualmente importante para sustentar a metodologia e promover o compromisso individual e organizacional com a melhoria contínua. É recomendado a realização de auditorias regulares para verificar o cumprimento dos padrões e procedimentos estabelecidos, bem como identificar oportunidades de melhoria contínua. Para esse fim, foi proposta uma *checklist* (Apêndice 9) que permitirá avaliar o desempenho de cada princípio 5S ao longo do tempo. É aconselhável atribuir maior responsabilidade a um funcionário, para garantir um maior cumprimento dos princípios do 5S, nomeadamente ao chefe da oficina.

Se implementada corretamente, esta proposta de melhoria contribuirá para a redução do tempo de NVA do processo de Pintura.

5.3 Alteração do layout do Lote 4

Como abordado na secção anterior (4.4), os preparadores e pintores realizam deslocações constantes pela oficina para obter materiais, o que representa um desperdício, dado que envolve gasto de tempo e esforço sem gerar um resultado produtivo. A intenção é reduzir estas deslocações de forma a melhorar o fluxo de trabalho, reduzir os custos operacionais e criar um ambiente de trabalho mais eficiente e produtivo. Para alcançar esses objetivos, foi proposta uma alteração no layout, a qual está ilustrada na Figura 33.

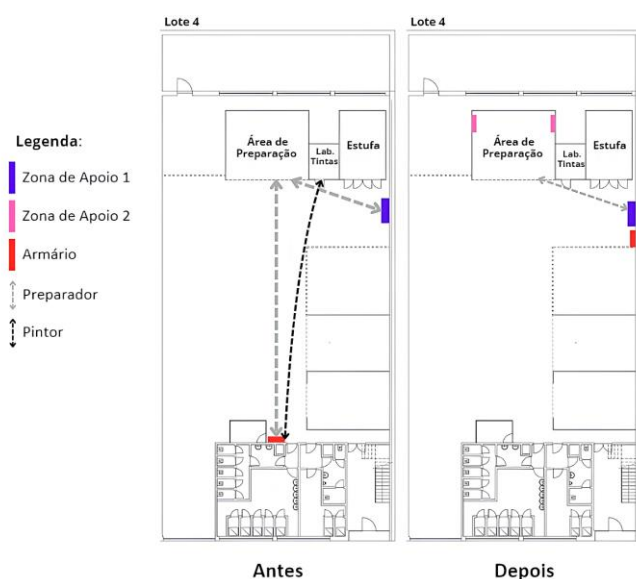


Figura 33 - Proposta de alteração de layout

As alterações propostas incluem a colocação do armário (cor vermelha) próximo da zona de apoio da pintura, identificada pela cor azul. Sugere-se também que este armário armazene apenas material em *stock* e não material usado no dia a dia, mantendo-se fechado e com acesso restrito.

Além disso, propõe-se a criação da Zona de Apoio 2 (cor rosa) na área de preparação, onde seria colocado um carrinho em cada lado, contendo todos os materiais frequentemente utilizados pelos preparadores. As telas de limpeza e as luvas usadas diariamente pelos pintores poderiam ser armazenadas na Zona de Apoio 1 ou no laboratório de tintas.

Com estas propostas de alteração do *layout* do Lote 4, pretendeu-se avaliar os ganhos financeiros esperados.

5.3.1 Contabilização de custos

A Tabela 17 apresenta a estimativa potencial dos custos de movimentação se os materiais de consumo da preparação, presentes no armário vermelho e na Zona de Apoio 1, fossem transferidos para o carrinho, isto é, para a Zona de Apoio 2. Os custos associados à movimentação dos pintores para requererem a tela de limpeza e luvas não foram considerados, uma vez que estes materiais poderiam ser colocados no laboratório das tintas ou na Zona de Apoio 1, onde o pintor já tem outros materiais de consumo necessários à pintura.

A contabilização do tempo gasto pelo preparador para ir buscar material ao carrinho foi simulada na APP (Área de Preparação da Pintura) utilizando um veículo ligeiro de passageiros de médio porte. Foram selecionadas quatro posições diferentes do operador em relação ao veículo como pontos de partida para

a deslocação até ao carrinho. Para cada posição, foram realizadas dez repetições com o objetivo de calcular o tempo médio de deslocação de ida. O tempo médio da deslocação de ida e volta foi calculado com base na média das médias das quatro posições do operador e, em seguida, multiplicado por dois (ver Apêndice 6).

Tabela 17 - Custo mensal das deslocações (carrinhos)

Custo/ hora/ trabalhador (base salário mínimo): 4.65 €

Nº médio de veículos/ preparador/mês: 15

	Tipo de Material	Nº de deslocações médias/ veículo	Tempo médio deslocação ida e volta (horas)	Custo/mês/ trabalhador	Custo Total /mês
Preparadores (n=4)	Discos de Lixas	6	0.00306	1.28 €	5.12 €
	Esponjas	1	0.00306	0.21 €	0.85 €
	Luvas	1	0.00306	0.21 €	0.85 €
	Fitas de isolamento	3	0.00306	0.64 €	2.56 €
	Betume	5	0.00306	1.07 €	4.26 €
	Espátula	2	0.00306	0.43 €	1.71 €
Pintores (n=3)	Luvas	-	-	-	-
	Tela de limpeza	-	-	-	-
Total:					15.35 €

Legenda: Zona de Apoio 2 (Carrinhos)

Com estas propostas de melhoria, a poupança total estimada seria de aproximadamente **60.60 €** mensais e **727.20 €** anuais.

5.3.2 Zona de Apoio 2 (carrinhos)

Na Figura 34, encontra-se uma representação gráfica da constituição de um carrinho que poderá ser colocado na Zona de Apoio 2, isto é, na área de preparação, que é capaz de acomodar dois veículos. Considerando que, atualmente, existem quatro preparadores, sugere-se que cada carrinho seja destinado a servir dois operadores e um veículo. Recomenda-se, ainda, a organização dos materiais retratados de forma eficiente, garantindo que os preparadores não percam tempo na procura e tenham fácil acesso a todos os materiais necessários às suas operações, podendo, para esse efeito, fazer uso da metodologia 5S.



Figura 34 - Constituição de um carrinho

Na Tabela 18, são apresentadas as quantidades fixas e a frequência de reposição no carrinho dos materiais ilustrados na Figura 34, baseadas em estimativas de consumo de material para uma pintura geral, que é o serviço mais comum e completo na oficina. Desta forma, procura-se evitar a necessidade de movimentações constantes dos operadores pela oficina, enquanto se implementa um controle mais rigoroso do material consumido.

Tabela 18 - Quantidades e frequência de reposição dos materiais no carrinho

Veículos/ mês: 60

Veículos/ semana/ 2 preparadores: 7

Material no Carrinho*	Material gasto/ veículo	Quantidade no carrinho	Frequência de Reposição	Responsável pela Reposição
Betume+ catalisador	-	1 embalagem	Quando necessário	Encarregado da oficina
Discos de lixa	6 unidades	42 unidades	1x por semana	
Esponjas	1 unidade	7 unidades	1x por semana	
Spray primário	-	2 unidades (2 cores)	Quando necessário	
Fita isoladora-50mm	2 unidades	14 unidades	1x por semana	
Fita isoladora-25mm	1 unidade	7 unidades	1x por semana	
Fita isoladora azul	-	1 unidades	Quando necessário	
Panos de microfibra	1 unidade	7 unidades	1x por semana	
Luvas	1 par	1 embalagem (100 luvas)	1x por mês	
Líquido desengordurante	-	2 pulverizadores	Quando necessário	Próprio Funcionário
Líquido de limpeza para espátula (diluyente celuloso)	-	1 embalagem	Quando necessário	

*Nota: 1 carrinho para 2 pessoas

Os materiais com reposição semanal foram calculados com base no consumo médio por veículo numa pintura geral, multiplicado pelo número estimado de veículos preparados pelos dois colaboradores durante uma semana. Por exemplo: 6 discos/veículo*7veículos/semana=42 discos por semana.

O material com reposição mensal foi estimado tendo em conta o uso de um par de luvas por operador e por veículo, resultando no seguinte cálculo: 7 veículos/semana*4 luvas*4 semanas= 112 luvas. No entanto, como cada embalagem contém 100 luvas e os operadores nem sempre utilizam ambas as luvas, considera-se suficiente uma reposição mensal.

Os restantes materiais têm um consumo irregular ou de difícil monitorização, pelo que devem ser repostos conforme necessário.

Devido ao conhecimento das dimensões de todos os materiais, considera-se que o carrinho proposto tem capacidade para acomodar todos os materiais nas quantidades indicadas. Além disso, espera-se que não exista rutura de *stock* no carrinho, devendo os valores propostos serem ajustados conforme necessário.

Na Tabela 19, está apresentado um exemplo de como ajustar a reposição de um material em concreto no momento da sua reposição (conforme descrito na Tabela 18) e planejar a sua compra. É importante ter em conta que a quantidade de material utilizada pelos operadores é dependente não só do tipo de serviço, mas também do estado do veículo.

Tabela 19 - Exemplificação do controlo de stock num carrinho (discos de lixa)

Local: Carrinho 1
Tipo de Material: Discos de lixa
Quantidade fixa: 42
Frequência: Semanal

Semana	Material usado	Material excedente	Material em stock*	
1	40	2	10	comprar!
2	42	0	18	comprar!
3	39	3	29	comprar!
4	35	7	44	
5	38	4	6	comprar!
...	...	...	...	

***Nota:** 1 embalagem= 50 unidades

A coluna "Material usado" indica a quantidade de material consumido durante a semana, com valores variáveis que podem ir de 0 a 42. Conforme mencionado anteriormente, o consumo é variável. A coluna "Material excedente" representa o material que sobra no carrinho, com o total fixo de 42 unidades. O cálculo é feito pela diferença entre 42 e o valor do "Material usado". Por exemplo, na semana 1, se forem consumidos 40 discos, o "Material excedente" será $42 - 40 = 2$ discos.

O valor do "Material em stock" corresponde ao material disponível para reposição na semana seguinte, sendo calculado de forma diferente conforme a compra ou não de uma nova embalagem na semana anterior. Quando uma embalagem é adquirida, o "Material em stock" é dado por 50 unidades (1 embalagem) menos os 42 discos retirados inicialmente para o carrinho, somando-se o "Material excedente" da semana. No exemplo da semana 1, o cálculo seria: $50 - 42 + 2 = 10$ unidades. Sempre que o "Material em stock" for inferior a 42 unidades, será necessário adquirir mais discos para repor o carrinho na semana seguinte, como é o caso da semana 1. Quando a compra da embalagem não for necessária para a semana a seguir, como acontece na semana 4, o valor do "Material em stock" na semana 5 será: $44 - 42 + 4 = 6$ unidades. Recomenda-se manter sempre uma embalagem completa de discos em *stock*, pois o fornecimento não é imediato de uma semana para a outra.

Este método garante que o material esteja sempre disponível no carrinho no nível desejado e permite ajustes baseados no consumo real para manter a eficiência no controle de *stock*.

Concluindo, com estas propostas de melhorias, espera-se reduzir as deslocações à Zona de Apoio 1 por parte dos preparadores (cor azul) e as idas ao armário (cor vermelha) pelos preparadores e pintores e assim reduzir os desperdícios associados. Acredita-se que estas ações contribuirão para a diminuição dos tempos NVA da Preparação da pintura e da Pintura. Além disso, prevê-se que a gestão de *stocks* seja melhorada através do controlo do material gasto nos carrinhos e da utilização do armário unicamente para o acondicionamento de materiais de reserva, prevenindo o desperdício de inventário.

5.4 Soluções para a diminuição de defeitos na Pintura

Os defeitos representam um desperdício, aumentando os custos de retrabalho, o consumo de materiais e recursos, além de poderem levar à insatisfação do cliente. Por isso, é crucial encontrar soluções para evitá-los. Nesse sentido, a Tabela 20 apresenta propostas de melhoria para as causas dos defeitos da pintura, mencionadas anteriormente na secção 4.5 e detalhadas na Tabela 14.

É fundamental reconhecer que os processos em estudo (preparação da pintura e pintura) são manuais e, portanto, dependem da intervenção humana, o que torna inevitável a ocorrência de erros.

Tabela 20 - Soluções para a diminuição de defeitos

Tipo de Defeito	Nº	Possíveis Causas (retiradas da Tabela 14)	Categorias	Soluções
Casca de laranja	1	Incorreta distância entre a pistola e a superfície.	Homem	- Melhorar a experiência e formação dos operadores; - Avaliações regulares do desempenho dos operadores.
	2	Muita pressão na aplicação do verniz.	Homem	
	3	Excesso/ falta de verniz na aplicação.	Homem	
Poros	4	Circuito de ar comprimido contaminado.	Máquina	Estabelecer um Plano de Manutenção e Limpeza da estufa (Apêndice 11).
	5	Saturação dos filtros de carvão ativo (no interior da estufa).	Máquina	
	6	Uso de cremes e perfumes por parte do pintor.	Homem	Apelar para que evitem o uso de cremes e perfumes.
	7	Limpeza inadequada da superfície a pintar.	Homem	Garantir que os operadores sigam as práticas corretas de limpeza da superfície através da criação de uma Instrução de Trabalho - IT 002 (Apêndice 10).
	8	Contaminação do ar por produtos que contêm silicones (podendo vir do uso prévio do cliente).	Ambiente	- Evitar o uso de produtos com silicones na oficina; - Sensibilizar os clientes sobre a importância de evitar o uso de produtos com silicones.
	10	Pouca atenção na abertura e fecho da porta da estufa.	Homem	Garantir que os operadores sigam as práticas corretas no uso da cabine de pintura através da criação de uma Instrução de Trabalho - IT 001 (Apêndice 10).
	11	Falta de limpeza do piso da estufa antes de iniciar a pintura.	Homem	
	12	Deixar objetos dentro da estufa.	Homem	
	13	Fatos de pintura contaminados e mal armazenados.	Material	- Criação de um melhor local para o seu armazenamento; - Sensibilizar para boas práticas de higiene e conservação dos fatos, incentivando à sua lavagem.
	14	Réguas de diluição e material de mistura contaminado.	Material	Sensibilizar os operadores para boas práticas da higiene.

Tabela 20 - Soluções para a diminuição de defeitos (Continuação)

Tipo de Defeito	Nº	Possíveis Causas (retiradas da Tabela 14)	Categorias	Soluções
	15	Panos de microfibra e telas de limpeza contaminados.	Material	Promover uma substituição mais frequente- IT 002 (Apêndice 10).
	16	Limpeza inadequada da superfície a pintar.	Homem	Garantir uma boa limpeza do veículo antes de entrar para a estufa, e proposta do uso de um desengordurante à base de água (antiestático) - IT 002 (Apêndice 10).
	17	Ausência de luvas na limpeza da superfície e no processo de pintura.	Homem	Sensibilizar os operadores sobre a importância do uso de luvas e assegurar a sua utilização - IT 002 (Apêndice 10).
	18	Pistolas de pintura mal limpas.	Homem	Sensibilizar para a limpeza após o uso.
	19	Bicos doseadores das tintas sujos.	Material	
	20	Apoios/ suportes das peças contaminados.	Material	Incentivar a limpeza dos suportes, antes da sua colocação dentro da estufa, através da substituição do revestimento de papel - IT 001 (Apêndice 10).
	21	Sujidade na cave das rodas.	Material	Lavar com jatos de água antes da pintura.
	22	Ambiente sujo e empoeirado na oficina.	Ambiente	- Apelar à limpeza e manutenção do ambiente de trabalho- Implementar a metodologia 5S para toda a oficina; - Criação de um Plano de Manutenção e Limpeza das Áreas de Preparação da Pintura (Apêndice 11).

Tabela 20 - Soluções para a diminuição de defeitos (Continuação)

Tipo de Defeito	Nº	Possíveis Causas (retiradas da Tabela 14)	Categorias	Soluções
Escorridos	23	Incorreta distância entre a pistola e a superfície.	Homem	- Melhorar a experiência e formação dos operadores. - Avaliações regulares do desempenho dos operadores.
	24	Excesso de verniz na aplicação.	Homem	
	25	Tempo incorreto de "flash off" e secagem entre demãos.	Homem	
	26	Incorreta catalisação do produto.	Homem	O operador deve seguir as recomendações do fabricante e ter especial atenção na colocação dos produtos.
	27	Problemas com a pistola de pintura.	Máquina	Promover boas práticas de limpeza e manutenção das pistolas, de acordo com as recomendações do fabricante.

5.4.1 Instruções de Trabalho

As instruções de trabalho asseguram que todos os funcionários realizem a mesma tarefa da mesma maneira, promovendo uniformidade e qualidade consistente nas operações. De forma a eliminar ou diminuir os defeitos foram realizadas duas instruções de trabalho (Apêndice 10).

A primeira instrução de trabalho especifica as ações corretas para o uso da cabine de pintura ou estufa. Esta instrução visa assegurar a segurança e eficiência do processo de pintura, uma vez que este equipamento é fundamental para manter o espaço de trabalho limpo e seguro, livre de contaminantes. Práticas inadequadas na operação da cabine podem aumentar essencialmente a presença de “lixos” ou impurezas no processo de pintura. Deixar as portas abertas ou abri-las frequentemente, introduzir na estufa veículos e peças sujas e negligenciar a limpeza da cabine contribuem para a circulação de ar contaminado dentro da estufa, comprometendo o local de trabalho e resultando em mais defeitos nas superfícies pintadas.

A segunda instrução de trabalho visa a correta limpeza da superfície a pintar. Uma boa limpeza ajuda a minimizar os lixos e os poros durante o processo de pintura, resultando num acabamento mais uniforme e esteticamente agradável. Esta limpeza é realizada em duas fases: a primeira na área de preparação e a segunda dentro da estufa. Assim, sugere-se a inserção de desengordurante aquoso na segunda fase de limpeza, devido ao seu maior poder de limpeza e efeito antiestático, o que ajuda a remover restos de gordura e a manter a superfície livre de poeira e outras partículas. Atualmente, a empresa utiliza o mesmo desengordurante para ambas as fases.

É essencial que os funcionários sigam rigorosamente as diretrizes estabelecidas nas instruções de trabalho para minimizar os defeitos e garantir a qualidade dos resultados.

5.4.2 Planos de Manutenção e Limpeza

A cabine de pintura, ou estufa, através dos seus filtros, ajuda a garantir que o ambiente esteja livre de contaminantes como poeira, sujidade e excesso de tinta, o que é crucial para um acabamento de qualidade e para a segurança dos colaboradores e do meio ambiente. Além disso, a estufa ajuda a manter a temperatura e a humidade ideal para pintar e possui um modo de secagem que facilita a adesão e a secagem mais rápida da tinta.

Para garantir que os trabalhos de pintura sejam continuamente realizados de forma limpa, segura, rápida e eficiente, é essencial realizar a manutenção nos principais componentes da estufa. Por esse motivo, foi elaborado um programa de manutenção e limpeza, de acordo com as recomendações do fabricante (Apêndice 11). Até então, a empresa não registava quando realizava a manutenção e limpeza da cabine, por isso, foram desenvolvidos planos de manutenção e limpeza para os principais componentes da estufa, como exemplificado no Apêndice 12. Estes planos permitem o registo e controlo preciso das intervenções efetuadas, que são agendadas de acordo com as horas de funcionamento da estufa, monitorizáveis pelo painel de controlo. Ao seguir o programa de manutenção e limpeza da cabine é possível assegurar a qualidade da pintura e melhorar a eficiência operacional ao reduzir o retrabalho e minimizar paragens ou interrupções não programadas durante o processo de pintura. O registo destas intervenções permite verificar o cumprimento destas ações.

Considerando que o ambiente empoeirado e sujo da oficina, causado principalmente pelas atividades de preparação da pintura, pode contaminar a estufa e, consequentemente, afetar os trabalhos de pintura realizados nela, foi realizado um programa de manutenção dedicado às Áreas de Preparação da Pintura (Apêndice 11). Além disso, também foram estabelecidos planos para o registo dessas intervenções (exemplo no Apêndice 12).

Como mencionado na secção 4.5 e ilustrado na Figura 29, as categorias "Homem" e "Material" são as que têm maior impacto no aparecimento de defeitos. Na categoria "Homem", pretende-se reduzir estes defeitos através da formação e avaliação contínua, do cumprimento rigoroso das instruções de trabalho e da sensibilização para a importância da higienização adequada dos materiais e equipamentos utilizados. Esta categoria está diretamente ligada à categoria "Material", uma vez que a maioria das causas identificadas nesta última, estão relacionadas com a falta de padrões e boas práticas no manuseio

e conservação dos materiais pelos colaboradores. Além disso, embora a categoria "Máquina" não tenha sido definida como prioritária, desempenha igualmente um papel crucial na qualidade da pintura e na segurança dos operadores.

Na Figura 35, está apresenta o resumo de todas as propostas de melhoria, organizadas por local.

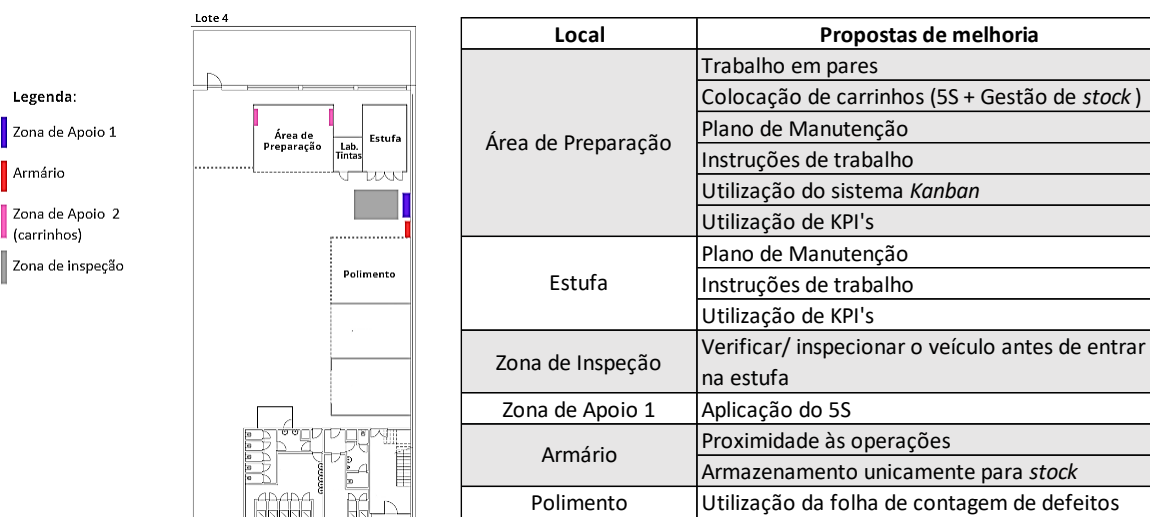


Figura 35 - Resumo das propostas de melhoria

6. Conclusões

Este capítulo apresenta as considerações finais da dissertação, abordando as limitações do projeto e sugerindo direções para trabalhos futuros, como o objetivo de promover a melhoria contínua na organização.

6.1 Considerações finais

Esta dissertação concentrou-se nos processos de preparação da pintura e pintura, os processos gargalo de uma empresa de serviços pós-venda ligada à reparação automóvel. O principal objetivo deste projeto foi melhorar o desempenho operacional da organização por meio da identificação e sugestão de propostas de melhorias, alinhadas à filosofia *Lean* de redução de desperdícios, com a apoio do software SIMIO®.

Após a observação diária e análise das operações de preparação e pintura, propôs-se uma nova dinamização nas operações, promovendo o trabalho colaborativo. O objetivo desta proposta foi diminuir alguns desperdícios *Lean* e tornar o fluxo de trabalho mais fluido, melhorando o desempenho operacional. Prevê-se que esta nova reorganização das operações, quando implementada, apresente desafios como incompatibilidade de perfis e a necessidade significativa de adaptação por parte dos operadores. No entanto, também pode resultar em melhorias na qualidade do trabalho, maior troca de conhecimentos, resolução mais rápida de problemas e aumento do foco e produtividade. Esta sugestão de trabalho em equipa, irá acelerar o tempo de preparação do veículo, o que poderá aumentar a fila de espera de veículos para a entrada na estufa, sendo já um problema crítico identificado no modelo de simulação. Todavia, uma comunicação e planeamento eficaz pode viabilizar o uso das outras estufas disponíveis no Lote 2 da empresa, minimizando esse efeito. A simulação também demonstrou ser útil na demonstração de KPI's aplicados a uma oficina automóvel, como o WIP e o tempo entre saídas, que permitem avaliar o desempenho operacional, apoiar a tomada de decisões, alinhar a equipa e melhorar o planeamento e gestão das operações. É ainda de destacar, que em nenhum dos artigos encontrados na literatura, utilizaram o software SIMIO num problema similar.

As medidas de melhoria apresentadas relativamente aos tempos NVA recolhidos para os dois processos, embora possam parecer irrelevantes isoladamente, quando somadas podem levar a melhorias significativas ao longo do tempo, sendo importante priorizar as ações de melhoria relativamente ao processo de pintura, visto ser o mais crítico. Adotar uma abordagem proativa em relação à eliminação ou diminuição das atividades de valor não acrescentado é uma parte importante da gestão *Lean*,

permitindo não só tornar as operações mais eficientes, rápidas e rentáveis, mas também aumentar o foco na qualidade do serviço. Espera-se, por isso, que a empresa intensifique a recolha de dados e implemente indicadores de desempenho para medir continuamente o seu desempenho operacional. Com isso, será possível identificar melhor as capacidades e limitações dos seus processos, identificar oportunidades de melhoria, avaliar resultados e promover uma cultura de melhoria contínua na organização.

A proposta de implementação da metodologia 5S na zona de apoio à pintura, juntamente com a alteração de layout, especialmente com a inclusão dos carrinhos na área de preparação, visam a redução de desperdícios como movimentações desnecessárias (procura de materiais, longas distâncias) e tempos de espera (veículos parados). A combinação destas duas iniciativas melhorará a fluidez dos processos, reduzirá os tempos na procura de materiais e nas deslocações e diminuirá o esforço físico dos operadores, garantindo que os materiais e equipamentos estejam próximos das operações, em locais adequados e com fácil acesso. Isso resultará num aumento da produtividade e eficiência das operações, e num ganho financeiro estimado em cerca de 80% nas deslocações.

A qualidade associada aos defeitos da pintura tem um elevado impacto no desempenho operacional de toda a oficina, pois a pintura é o processo central do Lote 4 e influencia diretamente a satisfação do cliente. Os defeitos nas superfícies pintadas podem ser corrigidos na área de polimento, sendo necessário para isso mais gastos de materiais, tempo e recursos humanos. Falhas no processo de correção, por parte do polimento, e falhas logo à partida no processo de pintura, podem fazer com que o veículo ou peças retornem a ser repintados, o que intensifica o efeito gargalo no processo da pintura, aumentando também os custos gerais da organização e prejudicando todo o fluxo de trabalho. Seguindo os procedimentos ou diretrizes estabelecidas, incluindo as instruções de trabalho, os planos de manutenção e limpeza dos equipamentos, práticas adequadas de utilização e higienização de materiais e equipamentos de pintura, e investindo no controlo do processo e na formação contínua dos colaboradores, espera-se reduzir os defeitos e paragens não programadas e, consequentemente, minimizar os seus impactos negativos nas operações de preparação e pintura. Isso garantirá uma entrega mais rápida e com maior qualidade do veículo.

Concluindo, a implementação conjunta das propostas de melhoria seguindo a abordagem *Lean*, visam melhorar o ambiente de trabalho, promover uma maior fluidez e transparência no fluxo de trabalho, elevar a qualidade do serviço, reduzir o tempo de entrega do veículo, diminuir custos e aumentar a flexibilidade, eficiência e produtividade das operações de preparação e da pintura. Com isso, espera-se

alcançar uma melhoria geral no desempenho operacional do Lote 4. A ferramenta de simulação SIMIO demonstrou ser útil na visualização e no estudo destes processos ao nível da preparação e pintura automóvel.

6.2 Limitações

Devido às restrições de tempo, esta dissertação concentrou-se predominantemente em propostas de melhoria, não sendo possível concluir o ciclo da metodologia de investigação deste projeto.

Existem também limitações relativamente ao tamanho da amostra dos veículos e aos resultados das medições dos tempos e defeitos utilizados, podendo não refletir totalmente a realidade e condicionar as conclusões que advêm da sua interpretação. Além disso, algumas variáveis não consideradas podem influenciar os resultados e as perceções obtidas. O modelo de simulação, por exemplo, foi simplificado em relação à realidade, o que pode comprometer a precisão dos resultados e a sua aplicabilidade.

Existiu também a tentativa inicial de implementar as mudanças propostas no *layout* e promover a manutenção da metodologia 5S, entre outras sugestões. No entanto, houve resistência à mudança por parte dos colaboradores. O empoderamento do trabalhador e o reconhecimento do desperdício associado à subutilização das suas capacidades são essenciais para ultrapassar esta barreira e abraçar a cultura *Lean* na organização.

Por fim, foram também identificadas limitações de conhecimento técnico relativamente aos defeitos da pintura, isto é, por vezes faltaram conhecimentos específicos sobre as suas causas e soluções eficazes para preveni-los. As soluções de melhoria apresentadas nesta dissertação foram por isso uma combinação da colaboração e da experiência de várias pessoas da empresa.

6.3 Trabalhos futuros

Dadas as limitações enfrentadas durante a realização deste projeto, propõe-se que, em trabalhos futuros, sejam implementadas todas as propostas de melhoria que não puderam ser concretizadas. Desta forma, será possível prosseguir com as fases da metodologia investigação-ação: implementação e avaliação das ações de melhoria. Recomenda-se ainda, a realização de um modelo de simulação que aplique a dinâmica do trabalho em equipa (solução To-Be) e que vise a redução dos tempos NVA, para deste modo comparar os resultados das ações de melhoria com o estado atual. Os futuros modelos de simulação poderiam ainda incluir variáveis adicionais que não foram consideradas no modelo realizado como, a preparação e pintura de veículos comerciais, a pintura unicamente de peças soltas, e a taxa de

retrabalho. Além disso, seria interessante desenvolver um plano específico para a possibilidade de uso das estufas, da outra parte da firma, de modo a diminuir o efeito gargalo do Lote 4.

No âmbito da qualidade, seria interessante avaliar a introdução de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) no Lote 4, ou em específico nos processos de preparação da pintura e pintura.

Com a continuidade da aplicação da filosofia *Lean* nos processos abordados e a sua expansão para os restantes processos da oficina, juntamente com o foco reforçado na gestão da qualidade, a eficiência operacional será certamente melhorada e os padrões de qualidade mais elevados. Desta forma, a organização tornar-se-á mais ágil e competitiva no mercado pós-venda, respondendo de forma mais eficaz às exigências dos clientes e às mudanças do setor.

Referências bibliográficas

- Achetoui, Z., Mabrouki, C., & Mousrij, A. (2022). A balanced performance measurement system for automotive spare parts supply chain. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 116, 25–55. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.116.2>
- Alsmadi, M., Almani, A., & Jerisat, R. (2012). A comparative analysis of Lean practices and performance in the UK manufacturing and service sector firms. *Total Quality Management and Business Excellence*, 23(3–4), 381–396. <https://doi.org/10.1080/14783363.2012.669993>
- Arlinghaus, J. C., & Knizkov, S. (2020). Lean maintenance and repair implementation - A cross-case study of seven automotive service suppliers. *53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 93, 955–964. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.144>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bhardwaj, A., Nagar, J., & Mor, R. S. (2018). Productivity gains through PDCA approach in an Auto Service Station. *Proceedings of the 2nd IEOM European Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2595–2602.
- Bhat, S., A, J. N., Kamath, P. P., Nayak, R. R., & D, N. M. (2016). Enhancing the Performace of an Automobile Service Industry: Lean Thinking Approach. *Journal of Mechanical Engineering and Automation*, 6(5A), 40–48. <https://doi.org/10.5923/c.jmea.201601.08>
- Borchardt, M., Souza, M., Pereira, G. M., & Viegas, C. V. (2018). Achieving better revenue and customers' satisfaction with after-sales services: How do the best branded car dealerships get it? *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(9), 1686–1708. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-01-2017-0016>
- Breitschwerdt, D., Cornet, A., Kempf, S., Michor, L., & Schmidt, M. (2017). *The changing aftermarket game- and how automotive suppliers can benefit from arising opportunities*.
- Briceno-Guzman, S., Mejia-Pilco, P., & Flores-Perez, A. (2023). Reduction of delays in rim repairs using Lean Service tools in an automotive workshop in Lima. *ACM International Conference Proceeding Series*, 333–339. <https://doi.org/10.1145/3587889.3588219>

- Bruner, G. N. G., & Cantarero, P. M. P. (2023, August 6). Productivity Improvement In An Automotive Workshop Through Lean Manufacturing Methodology. *Proceedings of the 9th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering*. <https://doi.org/10.11159/icmie23.145>
- Chaple, A. P., Narkhede, B. E., Akarte, M. M., & Raut, R. (2021). Modeling the lean barriers for successful lean implementation: TISM approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 12(1), 98–119. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2016-0063>
- Chávez Guachamín, A. M., & Burneo Arteaga, P. S. (2021). Lean After Sales Service: Implementation of DMAIC Methodology in After Sales Processes of an Automotive Workshop. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 3394–3410.
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards and Interfaces*, 34(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- Chukukere, A., Castillo-Villar, K. K., & Wan, H. (2014). Improving Operations through Dynamic Value Stream Mapping and Discrete-Event Simulation. *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference*, 938–947.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Dalton, J. (2019). *Great Big Agile: An OS for Agile Leaders*. Apress.
- Dombrowski, U., & Engel, C. (2014). Impact of electric mobility on the after sales service in the automotive industry. *The 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*, 16, 152–157. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.022>
- Dombrowski, U., & Malorny, C. (2017). Service Planning as Support Process for a Lean after Sales Service. *The 9th CIRP IPSS Conference: Circular Perspectives on Product/Service-Systems*, 64, 324–329. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.080>
- Dombrowski, U., & Malorny, C. (2018). Methodological approach for a process-orientated Lean Service implementation. *10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*, 73, 235–240. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.001>
- Eslava-Bautista, J., Cottrill, C. D., & Beecroft, M. (2021). Impacts of decarbonization on the automotive after sales sector: A review of evidence. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part*

- D: *Journal of Automobile Engineering*, 235(6), 1516–1526.
<https://doi.org/10.1177/0954407020974793>
- Fazlzadeh, A., Bagherzadeh, F., & Mohamadi, P. (2011). How after-sales service quality dimensions affect customer satisfaction. *African Journal of Business Management*, 5(17), 7658–7664.
<https://doi.org/10.5897/ajbm11.351>
- Fenner, S., & Netland, T. (2023). Lean service: a contingency perspective. *Operations Management Research*, 16(3), 1271–1289. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00350-7>
- Gaiardelli, P., Resta, B., & Dotti, S. (2019). Exploring the role of human factors in lean management. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 339–366. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0094>
- Gaiardelli, P., Saccani, N., & Songini, L. (2007). Performance measurement of the after-sales service network-Evidence from the automotive industry. *Computers in Industry*, 58(7), 698–708.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2007.05.008>
- Guneri, A. F., & Seker, S. (2008). The use of arena simulation programming for decision making in a workshop study. *Computer Applications in Engineering Education*, 16(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1002/cae.20182>
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249.
<https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Gupta, S., Sharma, M., & Sunder M, V. (2016). Lean services: a systematic review. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(8), 1025–1056.
<https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2015-0032>
- Hadid, W., & Mansouri, S. A. (2014). The lean-performance relationship in services: A theoretical model. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(6), 750–785.
<https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2013-0080>
- Hadid, W., Mansouri, S. A., & Gallear, D. (2016). Is lean service promising? A socio-technical perspective. *International Journal of Operations and Production Management*, 36(6), 618–642.
<https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2015-0008>

- Hlupic, V., & Paul, R. J. (1999). Guidelines for selection of manufacturing simulation software. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 31(1), 21–29. <https://doi.org/10.1080/07408179908969802>
- Houck, D., & Whitehead, C. (2019). Introduction to Simio. *Proceedings of the 2019 Winter Simulation Conference*, 3802–3811. <https://doi.org/10.1109/WSC40007.2019.9004692>
- Jiménez, M., Romero, L., Fernández, J., Espinosa, M. del M., & Domínguez, M. (2019). Extension of the Lean 5S methodology to 6S with an additional layer to ensure occupational safety and health levels. *Sustainability (Switzerland)*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/su11143827>
- Liker, J. (2021, January 5). *Standardized Work is a Goal To Work Toward, Not a Tool to Implement*. Lean Enterprise Institute. <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/standardized-work-is-a-goal-to-work-toward-not-a-tool-to-implement/>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Lizarelli, F. L., Chakraborty, A., Antony, J., Furterer, S., Maalouf, M., & Carneiro, M. B. (2023). An empirical study on Lean and its impact on sustainability in services. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 41(3). <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2023-0175>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2019). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), 899–919. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
- OMG. (2013). *Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0.2*. <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/About-BPMN>
- Panwar, A., Nepal, B. P., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning and Control*, 26(7), 564–587. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.936532>
- Pegden, C. D. (2009). Introduction to Simio for Beginners. In *Simio LLC* (pp. 1–7). <https://www.simio.com/resources/white-papers/Introduction-to-Simio/>

- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. *Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production Conference*, 52, 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 34(3), 334–361. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>
- Sarkar, D. (2008). *Lean for Service Organizations and Offices*. ASQ Quality Press .
- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students* (Eighth). Pearson Education.
- Shokouhyar, S., Shokoohyar, S., & Safari, S. (2020). Research on the influence of after-sales service quality factors on customer satisfaction. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102139>
- Stone, K. B. (2012). Four decades of lean: A systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2), 112–132. <https://doi.org/10.1108/20401461211243702>
- Suhardi, B., Pertiwi, A. F. O., & Astuti, R. D. (2020). Waste Reduction In Body Repair & Paint Area Toyota Nasmoco Ringroad Surakarta With Lean Manufacturing Approach. *Journal of Technology and Operations Management*, 15(1), 15–26.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *12th Global Congress on Manufacturing and Management*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (2nd ed.). Free Press.
- Zhou, B. (2016). Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research*, 241(1–2), 457–474. <https://doi.org/10.1007/s10479-012-1177-3>

Apêndice 1 - Sistema Produtivo Lote 4 (BPMN)

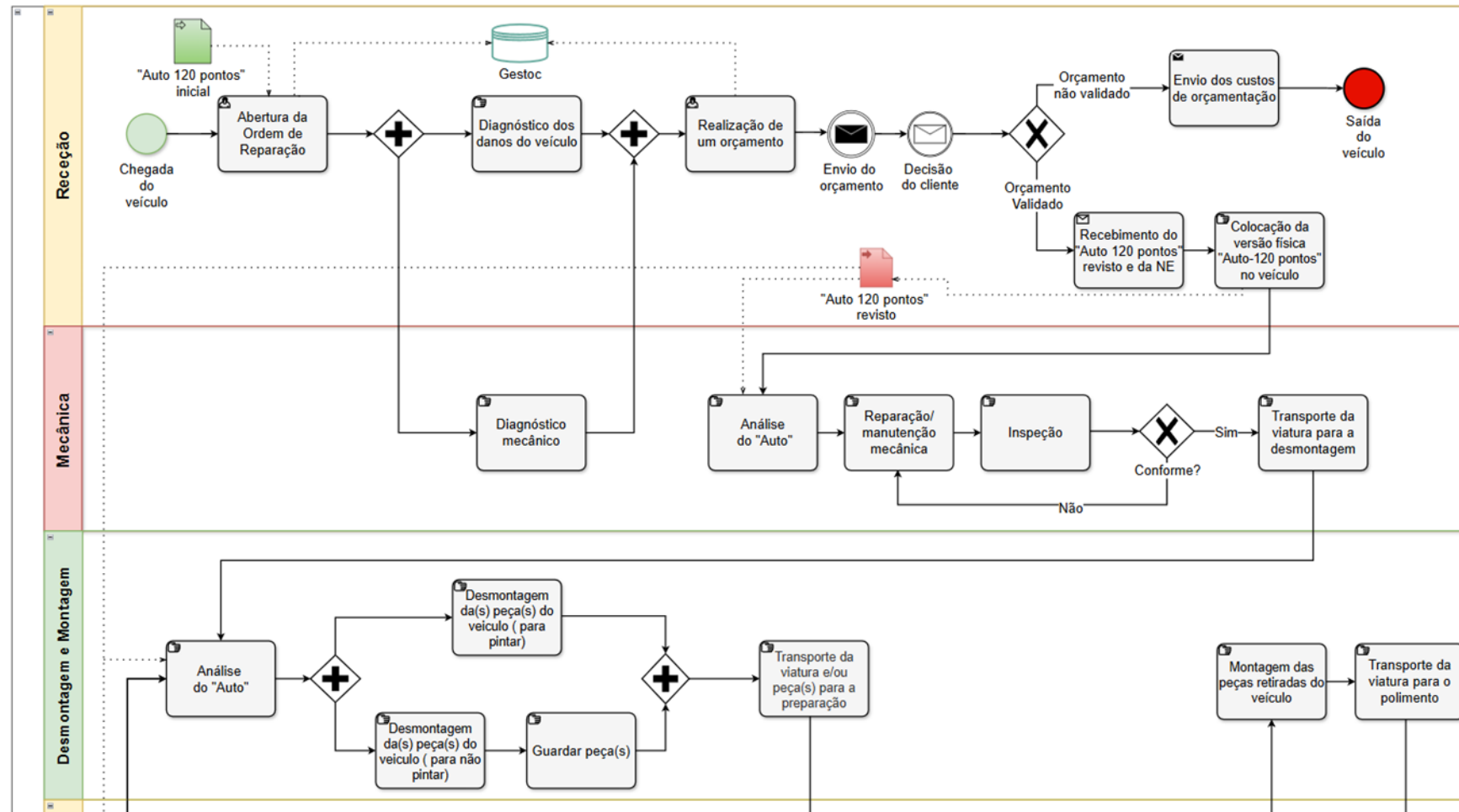


Figura 36 - BPMN (Recepção, Mecânica e Desmontagem/Montagem)

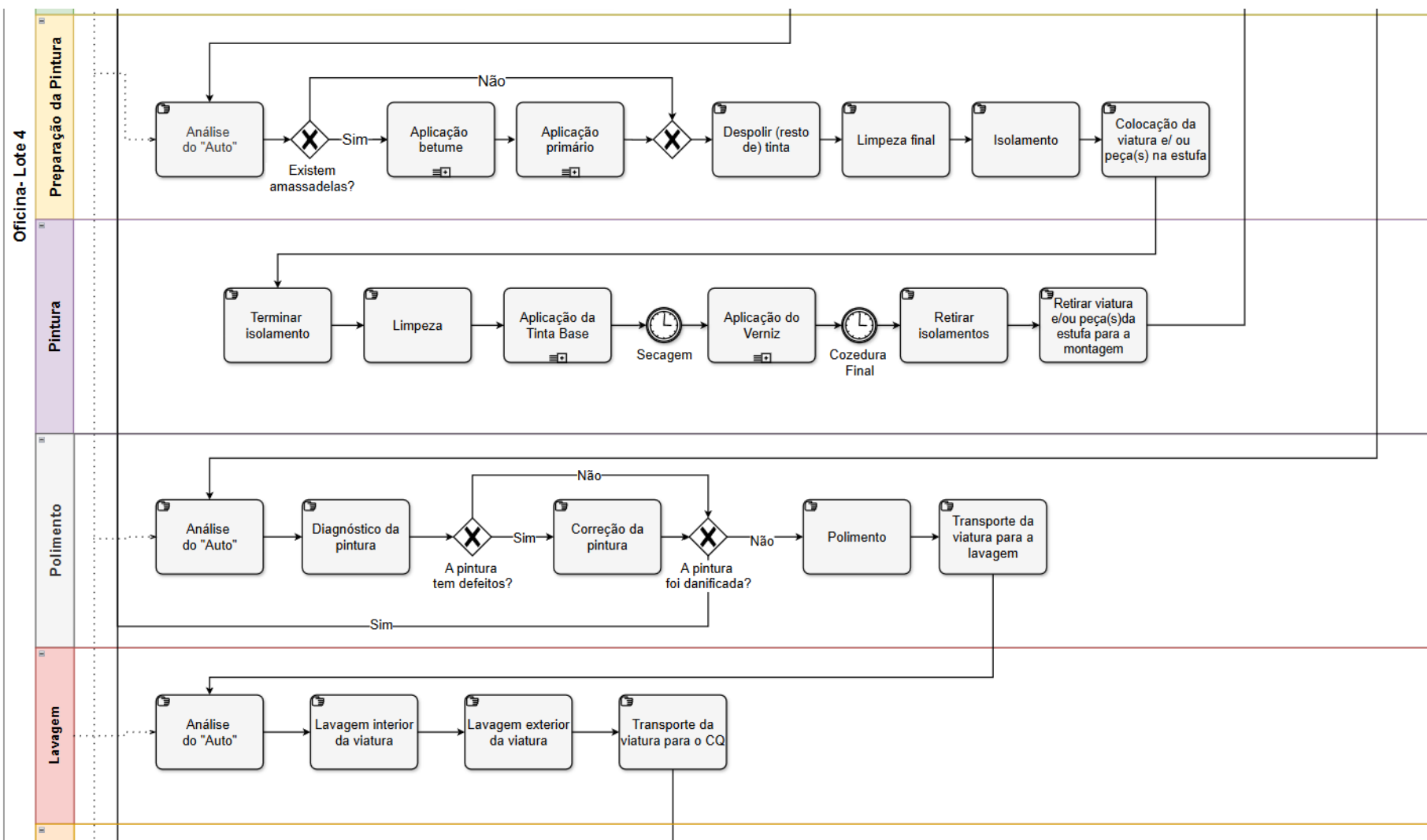


Figura 37 - BPMN (Preparação da pintura, Pintura, Polimento e Lavagem)

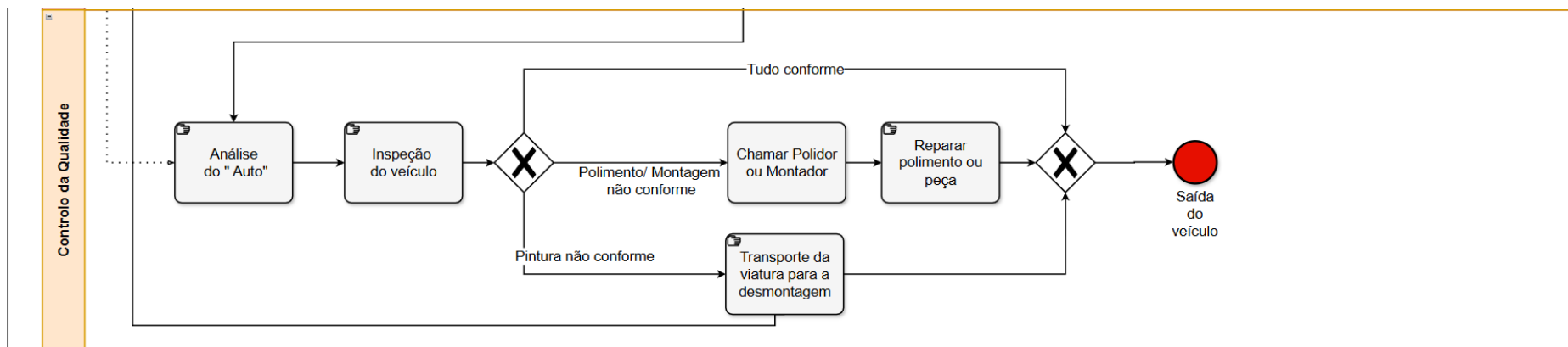


Figura 38 - BPMN (Controlo da Qualidade)

Apêndice 2 - Processos Simio

Agarra_Worker_Nome

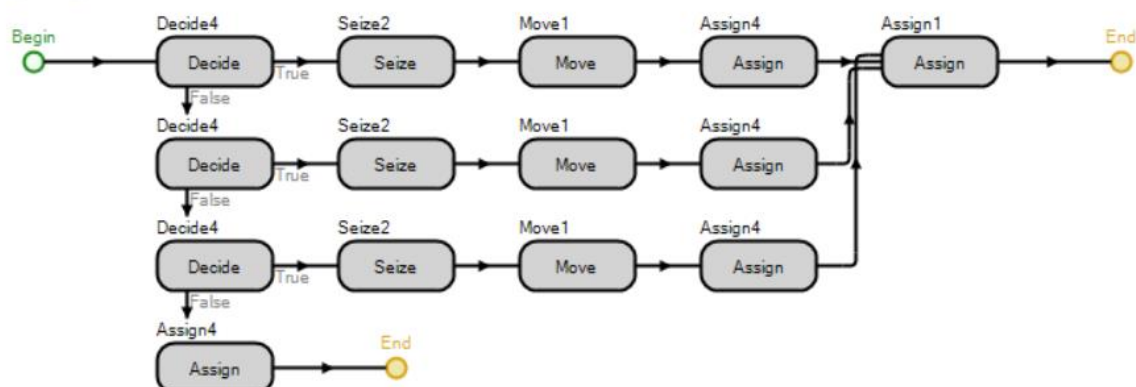


Figura 39 - Processo que movimenta o operador associado ao veículo quando o espaço de pintura fica disponível

Liberta_Worker_Nome_1

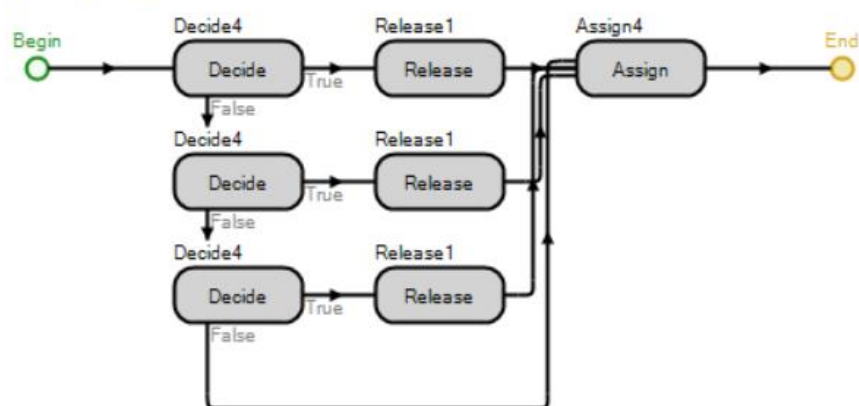


Figura 40 - Processo que liberta o operador utilizado no final da pintura

cozer_BeforeProcessing

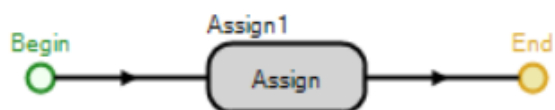


Figura 41 - Processo que define o tempo de cozimento para efeitos de animação

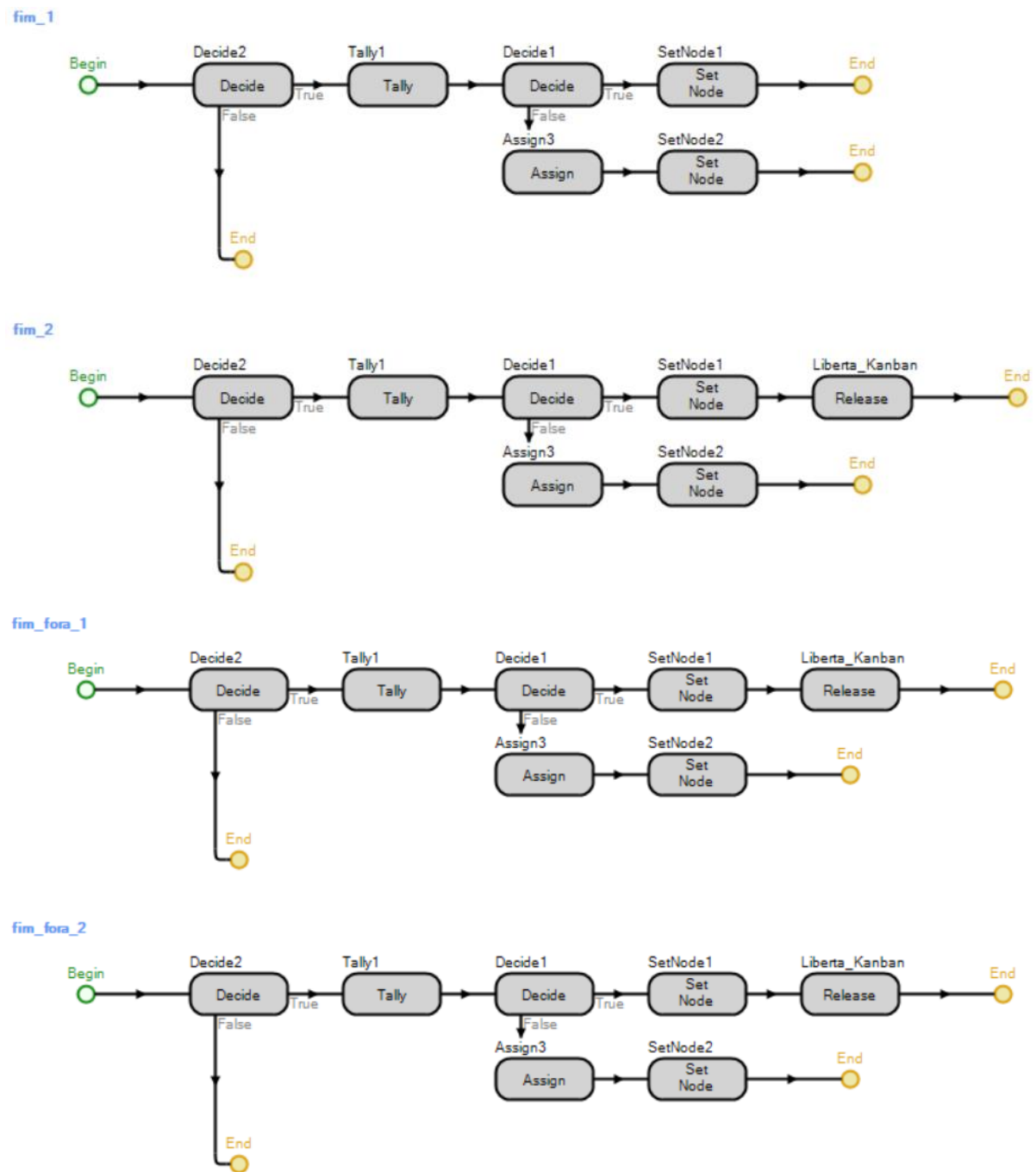


Figura 42 - Processos auxiliares que a cada 0,1 horas decidem a continuidade da preparação

Output_cozer_Exited

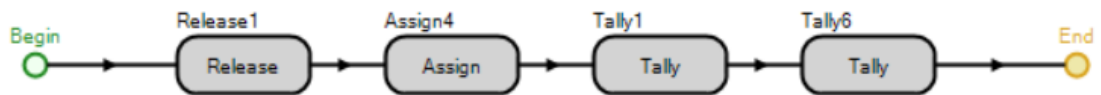


Figura 43 - Processo que liberta a estufa e regista estatísticas

Muda_para_Y

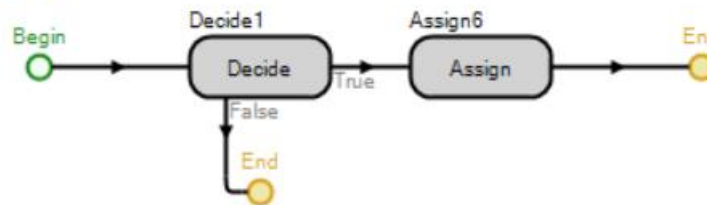


Figura 44 - Processo que transita para o operador Y as preparações do Fixo

Entrou



Figura 45 - Processo que atualiza variáveis estatísticas

Source1_CreatedEntity

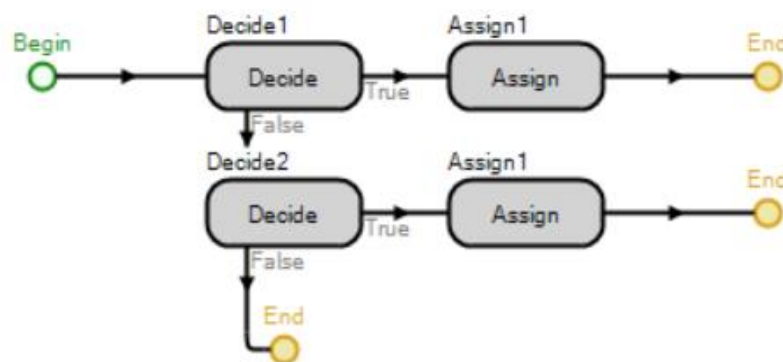


Figura 46 - Processo que atribui uma figura aleatória aos veículos apenas para efeitos de animação

Tabela 23 - Tempos de Pintura e Cozimento do Operador Z (SIMIO)

Operador Z	
Processo Simio: t_Pintura (sem NVA)	
Duração (aleatória) da tarefa	Tempo cumulativo das tarefas
math.max(random.normal(0.35,0.22),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0)
math.max(random.normal(0.14,0.05),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0)
math.max(random.normal(0.09,0.01),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0)
math.max(random.normal(0.11,0.06),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0)
math.max(random.normal(0.07,0.02),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0) + math.max(random.normal(0.07,0.02),0)
math.max(random.normal(0.1,0.05),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0) + math.max(random.normal(0.07,0.02),0) + math.max(random.normal(0.1,0.05),0)
math.max(random.normal(0.11,0.11),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0) + math.max(random.normal(0.07,0.02),0) + math.max(random.normal(0.1,0.05),0) + math.max(random.normal(0.11,0.11),0)
math.max(random.normal(0.16,0.04),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0) + math.max(random.normal(0.07,0.02),0) + math.max(random.normal(0.1,0.05),0) + math.max(random.normal(0.11,0.11),0) + math.max(random.normal(0.16,0.04),0)
math.max(random.normal(0.23,0.07),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0) + math.max(random.normal(0.07,0.02),0) + math.max(random.normal(0.1,0.05),0) + math.max(random.normal(0.11,0.11),0) + math.max(random.normal(0.16,0.04),0) + math.max(random.normal(0.23,0.07),0)
math.max(random.normal(0.04,0.01),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0) + math.max(random.normal(0.07,0.02),0) + math.max(random.normal(0.1,0.05),0) + math.max(random.normal(0.11,0.11),0) + math.max(random.normal(0.16,0.04),0) + math.max(random.normal(0.23,0.07),0) + math.max(random.normal(0.04,0.01),0)
math.max(random.normal(0.23,0.04),0)	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0) + math.max(random.normal(0.07,0.02),0) + math.max(random.normal(0.1,0.05),0) + math.max(random.normal(0.11,0.11),0) + math.max(random.normal(0.16,0.04),0) + math.max(random.normal(0.23,0.07),0) + math.max(random.normal(0.04,0.01),0) + math.max(random.normal(0.23,0.04),0)
Processo Simio: t_Pintura (com NVA)	
	math.max(random.normal(0.35,0.22),0) + math.max(random.normal(0.14,0.05),0) + math.max(random.normal(0.09,0.01),0) + math.max(random.normal(0.11,0.06),0) + math.max(random.normal(0.07,0.02),0) + math.max(random.normal(0.1,0.05),0) + math.max(random.normal(0.11,0.11),0) + math.max(random.normal(0.16,0.04),0) + math.max(random.normal(0.23,0.07),0) + math.max(random.normal(0.04,0.01),0) + math.max(random.normal(0.23,0.04),0) + 0.366518132716048
Processo Simio: t_Cozimento	
math.max(random.normal(0.92,0.01),0)	math.max(random.normal(0.92,0.01),0)
math.max(random.normal(0.17,0.12),0)	math.max(random.normal(0.92,0.01),0) + math.max(random.normal(0.17,0.12),0)

Apêndice 4 - Folha de contagem de defeitos

Contagem de Defeitos da Pintura					
Data:		Marca:		Cor:	
Pintor:			Preparador:		
Polidor:					

Diagrama de um carro com vistas superior, frontal, traseira e lateral esquerda. As vistas superior, frontal e traseira estão desenhadas com áreas verdes para facilitar a identificação das partes do veículo.

Legenda Defeitos

X	Lixos
○	Poros
△	Escorridos

Nº X		Nº ○		Nº △		Nº total de Defeitos:
Observações:						

Figura 47 - Folha de Contagem de Defeitos da Pintura

Apêndice 5 - Tempos de deslocações (*Layout* atual)

Tabela 24 - Contabilização dos tempos das deslocações ao Armário (ida e volta)

Operador	Armário	
	Observação	Tempo (hh:mm:ss)
Fixo	1	00:02:06
Fixo	2	00:01:22
Fixo	3	00:01:20
Fixo	4	00:01:16
Fixo	5	00:02:50
X	11	00:00:40
X	12	00:00:33
X	13	00:00:47
X	14	00:01:02
X	15	00:00:48
Y	16	00:00:40
Y	17	00:01:19
Y	18	00:01:00
Y	19	00:00:27
Y	20	00:00:43
Z	6	00:01:21
Z	7	00:00:58
Z	8	00:00:41
Z	9	00:00:22
Z	10	00:00:40

Média da deslocação
(ida e volta)

00:01:03

Tabela 25 - Contabilização dos tempos das deslocações à Zona de Apoio (ida e volta)

Operador	Zona de Apoio 1	
	Observação	Tempo (hh:mm:ss)
Fixo	1	00:00:19
Fixo	2	00:00:16
Fixo	3	00:00:14
Fixo	4	00:00:25
Fixo	5	00:00:44
X	11	00:00:33
X	12	00:00:24
X	13	00:00:24
X	14	00:00:30
X	15	00:00:22
Y	16	00:00:15
Y	17	00:00:18
Y	18	00:00:22
Y	19	00:00:19
Y	20	00:00:16
Z	6	00:00:52
Z	7	00:00:12
Z	8	00:00:15
Z	9	00:00:16
Z	10	00:00:18

Média da deslocação
(ida e volta)

00:00:23

Apêndice 6 - Tempos de deslocações (Carrinhos)

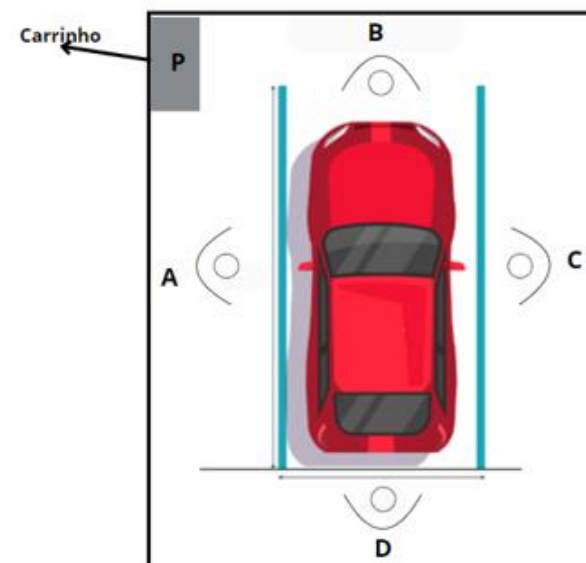
Tabela 26 - Contabilização dos tempos de deslocação até ao carrinho

Deslocação	Posição A-P	Posição B-P	Posição C-P	Posição D-P
1	00:00:04	00:00:02	00:00:07	00:00:07
2	00:00:05	00:00:01	00:00:08	00:00:07
3	00:00:05	00:00:02	00:00:09	00:00:07
4	00:00:06	00:00:01	00:00:08	00:00:06
5	00:00:04	00:00:03	00:00:07	00:00:08
6	00:00:06	00:00:03	00:00:09	00:00:10
7	00:00:05	00:00:03	00:00:08	00:00:10
8	00:00:04	00:00:03	00:00:07	00:00:08
9	00:00:04	00:00:02	00:00:07	00:00:09
10	00:00:05	00:00:02	00:00:08	00:00:08
Média	00:00:05	00:00:02	00:00:08	00:00:08

Média total deslocação (ida e volta):

00:00:11

Local: **APP**



Tipo de veículo: **Ligeiro de**

Passageiros de Médio Porte

Apêndice 7 - Ilustrações de possíveis causas de lixos ou impurezas na Pintura



Figura 48 - Filtros saturados e com lixo



Figura 49 - Fatos de pintura mal armazenados



Figura 50 - Bicos dos doseadores de tinta contaminados



Figura 51 - Réguas de diluição contaminadas



Figura 52 - Sujidade na cave de rodas

Apêndice 8 - Ficha de Registo e Lista de Verificação

 Ficha de Registo de Manutenção e Limpeza Zona de Apoio à pintura									
Semana _____ Data de início: _____ Data de fim: _____									
					Assinalar com X				
	Tarefas	Material a usar	Frequência	Responsável	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Organização Geral	Arrumar/Remover objetos desnecessários		Diária	Equipa preparadores e pintores					
Higienização Geral do local	Limpar o chão	Vassoura, apanhador, esfregona, desinfetante	Diária	Equipa preparadores e pintores					
	Limpar as paredes	Desinfetante, pano	1x por semana	Equipa preparadores e pintores					
	Limpar armário/ bancadas/ material exposto	Desinfetante, pano, papel	1x por semana	Equipa preparadores e pintores					
Máquinas e Equipamentos	Verificar equipamentos de pintura e materiais	Lista de verificação	Diária	Pintor responsável					
	Limpar máquina de lavar pistolas e verificar/substituir bidões	Diluyente celuloso, pano, luvas, bidões substitutos	Diária	Equipa pintores					
Gestão de resíduos	Substituir o depósito de resíduos de tinta	Luvas, depósito vazio	Sempre que necessário	Equipa pintores					
	Esvaziar lixo	Luvas, saco do lixo	Sempre que necessário	Equipa pintores					

Figura 53 - Ficha de Registo Zona de Apoio à pintura

 Lista de verificação de equipamentos e materiais Zona de apoio da pintura							
Semana: _____ Data de início: _____ Data de fim: _____ Responsável: _____							
			Assinalar com X				
	Quant.	Materiais e Equipamentos	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Bancadas	1	Aderente					
	1	Diluyente de acrílico (V25)					
	1	Diluyente de acrílico (V40)					
	1	Endurecedor					
	1	Primário Cinzento					
	1	Primário Preto					
Suporte de pistolas	1	Pistola de primário					
	1	Pistola de texturados					
	4	Pistola de tinta					
	3	Pistola de verniz					
	1	Pistola para jantes					
Armário	2	Anti-gravilha					
	1	Embalagem coadores 125 microns					
	1	Embalagem coadores 190 microns					
	1	Pistola de Gravilha					

Figura 54 - Lista de Verificação Zona de Apoio à pintura

Apêndice 9 - Exemplo de um formulário para uma Auditoria 5S

		Auditoria 5S Zona de apoio à pintura						
Responsável: _____		Data: _____						
5S's	Nº	Critério	Observações/ Oportunidades de melhoria	Assinalar com X				
				Avaliação*				
				N/A	1	2	3	4
Utilização	1	Existem itens desnecessários, como equipamentos, material e utensílios na área?						
	2	Há um sistema para identificar e remover itens desnecessários regularmente?						
	3	Todos os documentos físicos estão a ser utilizados?						
	Pontuação Final:							
Organização	4	Existe um sistema claro de identificação e marcação dos itens?						
	5	Os itens estão nos seus respetivos lugares?						
	6	Os itens são armazenados de forma lógica e ordenada?						
	7	A área envolvente está livre de desordem e obstáculos?						
	8	De modo geral existe um aspeto visual de organização?						
Pontuação Final:								
Limpeza	9	Existe máquinas, equipamentos e materiais sujos ou em mal estado de conservação?						
	10	Existe lixo espalhado pelo chão?						
	11	Os resíduos são descartados adequadamente?						
	12	Os procedimentos de manutenção e limpeza estão devidamente estabelecidos?						
	13	São disponibilizados todos os recursos para limpeza e manutenção da área?						
Pontuação Final:								
Padronização	14	Existem padrões visuais estabelecidos para manter a organização e limpeza?						
	15	Os padrões de limpeza e organização são consistentemente aplicados por todos?						
	16	As responsabilidades e expectativas para cada funcionário são claramente definidas e comunicadas?						
Pontuação Final:								
Disciplina	17	Os colaboradores demonstram iniciativa própria para manter os padrões 5S?						
	18	Há um sistema de reconhecimento ou recompensa para os colaboradores que mantêm os padrões 5S?						
	19	Os colaboradores são treinados regularmente para os princípios do 5S?						
	20	Os colaboradores são incentivados a sugerir melhorias?						
Pontuação Final:								
* N/A- Não aplicável; 1- Insatisfatório; 2-Satisfatório; 3- Bom; 4- Excelente Soma Total: 64-80 pontos 40-63 pontos 0-39 pontos								

Figura 55 - Formulário Auditoria 5S

Apêndice 10 - Instruções de Trabalho

		Instrução de trabalho Orientações Gerais para o uso da Cabine de Pintura		IT- 001	
Elaborado por:		Data:		Páginas: 1 de 1	
Aprovado por:		Data:		Nº Revisão:	
Seção: Pintura Responsáveis: Equipa de Pintores Objetivo: Garantir o uso correto da estufa para pintura, assegurando a qualidade do trabalho e a segurança dos operadores.					
No.	Atividades	Responsável			
Antes do processo da pintura					
1	Limpar o piso da cabine com uma esfregona húmida, para retirar qualquer poeira residual na superfície.	Pintor			
2	Verificar se todas as lâmpadas estão acesas.	Pintor			
3	Garantir a limpeza da peça e do veículo a pintar (IT2).	Pintor			
4	Garantir que os suportes de apoio estejam limpos antes de serem colocados na estufa.	Pintor			
5	Garantir que objetos como latas, suportes, panos, entre outros, não fiquem dentro da estufa.	Pintor			
6	Colocar EPI's.	Pintor			
Durante o processo de pintura					
7	Apagar as luzes internas da cabine durante todas as fases de evaporação rápida e cozedura.	Pintor			
Depois do processo de pintura					
8	Garantir que não fica nenhum lixo ou objeto dentro da cabine.	Pintor			
 (1) Manter as portas da estufa fechadas, abrir só quando é necessário. (2) Colocar a estufa em modo ventilação, sempre que as portas necessitam de estar abertas.   					

Materiais e Equipamentos

EPI's obrigatórios







Luvas Máscara Óculos Calçado Fato

Outros:



Esfregona

Figura 56 - Instrução de Trabalho Cabine de Pintura

		Instrução de trabalho		IT- 002																									
		Limpeza da(s) superfície(s) para Pintar																											
Elaborado por:		Data:		Revisto por:																									
Aprovado por:		Data:		Nº Revisão:																									
Página: 1 de 2																													
Seção: Preparação e Pintura		Responsáveis: Equipa de pintores e preparadores																											
Objetivo: Assegurar que as superfícies do veículo ou peça(s) estejam adequadamente limpas antes da aplicação da pintura, garantindo uma boa aderência da tinta e a qualidade do acabamento.																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 45%;">Atividades</th> <th style="width: 50%;">Responsável</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Na Área de Preparação da Pintura</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Colocar luvas e máscara de proteção.</td> <td>Preparador</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Soprar o veículo ou peça com ar comprimido para remover poeira e partículas soltas da lixagem da superfície, antes do desengorduramento.</td> <td>Preparador</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Limpar a(s) superfície(s) com desengordurante solvente e um pano de microfibra para remover sujidades.</td> <td>Preparador</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Imediatamente antes de entrar na Cabine de Pintura</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Soprar, novamente, o veículo ou peça com ar comprimido para garantir que toda a poeira residual seja removida.</td> <td>Pintor</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Trocar as luvas de proteção por um novo par, para evitar contaminação.</td> <td>Pintor</td> </tr> </tbody> </table>						No.	Atividades	Responsável	Na Área de Preparação da Pintura			1	Colocar luvas e máscara de proteção.	Preparador	2	Soprar o veículo ou peça com ar comprimido para remover poeira e partículas soltas da lixagem da superfície, antes do desengorduramento.	Preparador	3	Limpar a(s) superfície(s) com desengordurante solvente e um pano de microfibra para remover sujidades.	Preparador	Imediatamente antes de entrar na Cabine de Pintura			4	Soprar, novamente, o veículo ou peça com ar comprimido para garantir que toda a poeira residual seja removida.	Pintor	5	Trocar as luvas de proteção por um novo par, para evitar contaminação.	Pintor
No.	Atividades	Responsável																											
Na Área de Preparação da Pintura																													
1	Colocar luvas e máscara de proteção.	Preparador																											
2	Soprar o veículo ou peça com ar comprimido para remover poeira e partículas soltas da lixagem da superfície, antes do desengorduramento.	Preparador																											
3	Limpar a(s) superfície(s) com desengordurante solvente e um pano de microfibra para remover sujidades.	Preparador																											
Imediatamente antes de entrar na Cabine de Pintura																													
4	Soprar, novamente, o veículo ou peça com ar comprimido para garantir que toda a poeira residual seja removida.	Pintor																											
5	Trocar as luvas de proteção por um novo par, para evitar contaminação.	Pintor																											
Materiais e Equipamentos  EPI's: Luvas e Máscara  Panos de microfibra  Tela de limpeza ou "Tack Rag"  Mangueira de ar comprimido  Pistola de ar comprimido  Desengordurante solvente  Desengordurante aquoso																													

Figura 57 - Instrução de Trabalho limpeza das superfícies a pintar, página 1

	Instrução de trabalho		IT- 002	
	Limpeza da(s) superfície(s) para Pintar			
Elaborado por:	Data:	Revisto por:	Data:	Página: 2 de 2
Aprovado por:	Data:		Nº Revisão:	

Seção: Preparação e Pintura	Responsáveis: Equipa de pintores e preparadores
Objetivo: Assegurar que as superfícies do veículo ou peça(s) estejam adequadamente limpas antes da aplicação da pintura, garantindo uma boa aderência da tinta e a qualidade do acabamento.	

No.	Atividades	Responsável
No interior da Cabine de Pintura		
6	Limpar a(s) superfície(s) com desengordurante aquoso (maior poder de limpeza) utilizando outro pano de microfibra.	Pintor
7	Passar a tela de limpeza juntamente com a pistola de ar para garantir que a superfície esteja completamente limpa e livre de qualquer resíduo.	Pintor


A tela de limpeza e os panos de microfibra devem ser substituídos depois de uma pintura geral!

Materiais e Equipamentos	
 EPI's: Luvas e Máscara	 Panos de microfibra
 Mangueira de ar comprimido	 Pistola de ar comprimido
 Desengordurante solvente	 Desengordurante aquoso



Figura 58 - Instrução de Trabalho limpeza das superfícies a pintar, página 2

Apêndice 11 - Programas de Manutenção

Programa de Manutenção																
Cabine de Pintura																
Tipo de Intervenção	Horas de funcionamento															
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Substituir filtros do chão		•		•		•		•		•		•		•		•
Substituir filtros do teto																•
Substituir os pré-filtros do grupo de admissão										•						•
Substituir filtros do grupo de extração				•				•				•				•
Verificar /Substituir filtros de carvão ativo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Verificar/substituir os vedantes da porta										•						•
Lubrificar as dobradiças, fechaduras e puxadores das portas						•						•				•
Limpar as paredes internas da cabine e os painéis de vidro da iluminação		•		•		•		•		•		•		•		•
Limpar os canais da grelha inferior										•						•
Verificar e efetuar a manutenção do queimador*										•						•

* Só pelos técnicos, 1 vez por ano.

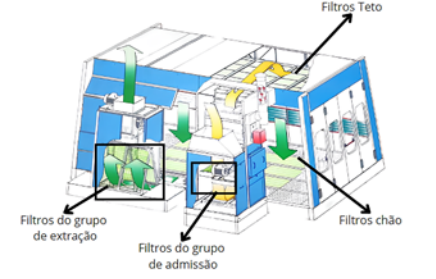


Figura 59 - Programa de Manutenção da Cabine de Pintura ou Estufa

Programa de Manutenção																
Área de Preparação da Pintura																
Tipo de Intervenção	Horas de funcionamento															
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Substituir filtros do chão*																•
Substituir filtros do teto													•			
Substituir filtros do grupo de extração						•						•				•

* Pode ser visual

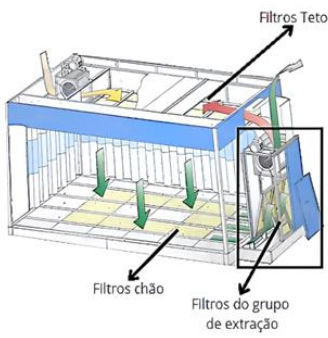


Figura 60 - Programa de Manutenção Área de Preparação da Pintura

Apêndice 12 - Exemplar Plano de Manutenção

[illegible]

Figura 61 - Plano de Manutenção (filtros do teto) da Estufa

[illegible]

Figura 62 - Plano de Manutenção (filtros do grupo de extração) da Área de Preparação