

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Mecânica



***Lean Thinking* na Indústria dos Serviços. Estudo de Caso.**

JOÃO MANUEL MARCELINO FARINHAS
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica – Ramo Manutenção e Produção

Orientador:

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Júri:

Presidente: Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Vogais:

Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Mecânica

***Lean Thinking* na Indústria dos Serviços. Estudo
de Caso.**

JOÃO MANUEL MARCELINO FARINHAS
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica – Ramo Manutenção e Produção

Orientador:

Doutor Vitor Manuel Rodrigues Anes

Júri:

Presidente: Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Vogais:

Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Doutor Vitor Manuel Rodrigues Anes

dezembro 2022

Agradecimentos

Em primeiro lugar, aos meus pais, por acreditarem no meu sucesso pessoal e acadêmico, e pelo incentivo em cada momento do meu percurso de vida. Em especial à minha mãe pelos conselhos, ensinamentos e amor que vou levar para o resto da minha vida.

À Inês, pela paciência, apoio e amor incondicional que me deu ao longo dos anos, e fundamentalmente na realização deste trabalho devido à motivação e crença que sempre depositou em mim.

Aos meus amigos, pela amizade, incentivo e companheirismo que têm demonstrado desde que os conheço e me acompanham.

Ao meu orientador, Professor Doutor Vitor Anes, pelos conselhos, conhecimentos, confiança e motivação transmitidos na realização desta dissertação.

Ao Hugo Padrão e à Joana Sousa, por toda a amizade, apoio e incentivo, pois foram fundamentais nesta experiência que me fez crescer bastante.

Ao João Ferro, que sempre me ajudou desde o primeiro dia na Carclasse, pela informação que me ajudou a recolher e pela sua amizade.

À Carclasse S.A. pela oportunidade de realizar este trabalho e a todos os colegas de trabalho, em particular do Departamento de Colisão, por terem contribuído para o mesmo.

Resumo

Nos dias de hoje, a manutenção do equilíbrio entre a satisfação do cliente e a eficiência dos processos, representa um grande desafio para as organizações. As constantes mudanças no mercado, muitas vezes a nível global, de origem intrínseca ou extrínseca às áreas de negócio, aumentam o grau de exigência dos clientes, pelo que a relação simbiótica entre a sua satisfação e o *modus operandi* das empresas deverá estar assente numa base sustentável que permita cumprir prazos, inovar e conseqüentemente diferenciarem-se da concorrência. A voz do cliente é fundamental, razão pela qual se procuram implementar estratégias de melhoria de processos, que visem entregar o melhor produto e/ou serviço. Neste enquadramento, destaca-se o pensamento *Lean*, cujas ferramentas e métodos permitem que as organizações criem valor acrescentado para os seus clientes, com utilização de menos recursos e eliminação de desperdícios ao longo da cadeia produtiva, permitindo que as empresas se mantenham focalizadas num regime de trabalho direcionado para a melhoria contínua.

A presente dissertação surge na sequência da identificação de oportunidades de melhoria e desperdícios a nível do desempenho da oficina do Departamento de Colisão da Carclasse de Lisboa, tendo como objetivo a redução do retrabalho, aumento da eficiência dos processos produtivos e reformulação do controlo de qualidade. Neste sentido, recorreu-se à filosofia *Lean* e às ferramentas associadas à mesma (*Kaizen*, *5S*, *Value Stream Mapping* e *Gestão Visual*), que em conjunto com o levantamento e análise de dados, e modelos de simulação computacional, permitiram identificar e quantificar as oportunidades de melhoria no estado atual da oficina.

Através da metodologia utilizada, foi possível concluir que no processo produtivo atual existem dois desperdícios críticos: Retrabalho e Espera. Através da simulação das propostas de melhoria, registou-se uma redução do tempo de valor não acrescentado e do retrabalho, pelo que, os objetivos da dissertação foram cumpridos.

Palavras-Chave: Pensamento *Lean*; Ferramentas *Lean*; Melhoria Contínua; Controlo de Qualidade; Satisfação do Cliente; Simulação do Processo Produtivo

Abstract

Nowadays, maintaining the balance between customer satisfaction and process efficiency represents a major challenge for organizations. The constant changes in the market, often globally, of intrinsic or extrinsic origin to the business areas, increase the degree of demand of customers, so the symbiotic relationship between their satisfaction and the *modus operandi* of companies should be based on a sustainable basis that allows to meet deadlines, innovate and consequently differentiate themselves from competition. The voice of the client is fundamental, which is why we seek to implement process improvement strategies that aim to deliver the best product and/or service. In this context, lean thinking stands out, whose tools and methods allow organizations to create added value for their customers, using fewer resources and eliminating waste throughout the production chain, allowing companies to stay focused on a work regime aimed at continuous improvement.

This dissertation follows the identification of opportunities for improvement and process waste, in terms of the performance of the workshop of the Collision Department of Carclasse Lisboa, with the objective of reducing rework, increasing the efficiency of production processes and reformulation of quality control. In this sense, lean philosophy and tools associated with it (*Kaizen*, 5S, Value Stream Mapping and Visual Management) were used, which together with data collection and analysis, and computer simulation models, allowed to identify and quantify the opportunities for improvement in the current state of the workshop. Through the methodology used, it was possible to conclude that in the current production process there are two critical wastes: Rework and Wait. With the simulation of the proposals for improvement, there was a reduction in of non-value added time and rework, so the objectives of the dissertation were met.

Keywords: *Lean Thinking; Lean Tools; Continuous Improvement; Quality Control; Customer Satisfaction; Productive Process Simulation*

Índice

Agradecimentos	V
Resumo	VII
Abstract	IX
Índice de Figuras	XV
Índice de Tabelas	XVII
Lista de Siglas e Acrónimos	XIX
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos e Metodologias	2
1.2.1 Questões da investigação	2
1.2.2 Metodologia da investigação	2
1.3 Estrutura da Dissertação	3
2 Revisão da literatura	5
2.1 <i>Lean Thinking</i>	5
2.2 Benefícios do <i>Lean Thinking</i>	8
2.3 Os 5 Princípios de Womack	10
2.4 <i>Lean Services</i>	11
2.5 Desperdícios	12
2.6 Ferramentas de apoio ao <i>Lean Thinking</i>	13
2.6.1 <i>Kaizen</i>	13
2.6.2 <i>5S (Housekeeping)</i>	15
2.6.3 <i>Value Stream Mapping</i>	16
2.6.4 Gestão Visual	17
2.7 Teoria de Filas de Espera	18
2.8 Simulação de sistemas	19
2.8.1 Vantagens e Desvantagens da Simulação	22
2.8.2 Metodologia de Análise de Sistemas de Simulação	23
2.9 Fator Humano na Melhoria Contínua	25
3 Caso de Estudo	27
3.1 Carclasse S.A.	27
3.1.1 Estrutura organizacional	29

3.2	Caracterização da Oficina Colisão	31
3.3	Fluxo de processamento de viaturas em oficina.....	33
3.3.1	Peritagem	34
3.3.2	Orçamentação	35
3.3.3	Reparação	35
3.3.4	Processo Produtivo	36
3.3.5	Controlo Qualidade	38
3.4	Caracterização do problema industrial	39
3.5	Análise de reclamações de clientes	39
4	Simulação de processos – Estado Atual.....	43
4.1	Fase de Modelação Estrutural de Processos	43
4.1.1	Pressupostos de modelação	43
4.1.2	Modelo de Simulação de Processos.....	44
4.1.3	Metodologia de recolha de dados e medições do CQ atual.....	52
4.1.4	Entidades, Recursos e Filas de Espera	53
4.2	Fase de Modelação Quantitativa	56
4.3	Parâmetros de simulação	68
5	Sugestões de Melhoria do Processo.....	73
5.1	Implementação 5S	73
5.2	Implementação de metodologia de Gestão Visual	75
5.3	<i>Checklist</i> de processos (Chapa e Pintura).....	77
5.4	Reformulação do Controlo de Qualidade	79
5.5	Simulação das sugestões de melhoria.....	80
5.5.1	Melhoria Secções Chapa e Pintura	80
5.5.2	Melhoria Controlo de Qualidade	81
5.5.3	Melhoria Secções Chapa, Pintura e CQ.....	82
5.5.4	Comparação de resultados de simulação	82
6	Conclusão	85
6.1	Análise de resultados	85
6.2	Análise das perguntas de investigação	86
6.3	Limitações do estudo	87
6.4	Propostas de trabalhos futuros	88
6.5	Sugestões de melhoria para a empresa	89
	Referências	91

Anexo I – Tabela para levantamento tempos CQ.....	101
Anexo II – Método <i>Input Analyzer</i>	103
Anexo III – <i>Checklist</i> “Controlo de Processos – Colisão”.....	107
Anexo IV – <i>Checklist</i> “Controlo de Qualidade – Colisão”	109

Índice de Figuras

Figura 2-1 - Casa do <i>Lean</i> melhorada.	7
Figura 2-2 - Benefícios típicos <i>Lean</i>	8
Figura 2-3 - Forças a favor e contra o "ser" <i>Lean</i>	9
Figura 2-4 - Os 5 princípios da filosofia <i>Lean</i>	10
Figura 2-5 - Ilustração do Ciclo PDCA.	14
Figura 2-6 - Passos do ciclo -de implementação do método 5S.	15
Figura 2-7 - Passos para elaboração VSM	17
Figura 2-8 - Sequência de um sistema <i>Andon</i>	18
Figura 2-9 - Modelo de Filas de Espera	19
Figura 2-10 - Modo de estudo de sistemas.	20
Figura 2-11 - Metodologia de um estudo de simulação	25
Figura 2-12 - Modelo motivacional simplificado.	25
Figura 3-1 - Carclasse S.A, Lisboa.	27
Figura 3-2 - Grupo Carclasse S.A	28
Figura 3-3 - Organigrama departamental da parte comercial.	29
Figura 3-4 - Organigrama departamental da parte APV	30
Figura 3-5 - Organigrama departamental da parte de Colisão de Lisboa.	30
Figura 3-6 - <i>Layout</i> da oficina de Colisão	33
Figura 3-7 - Fluxo de processamento atual da Oficina de Colisão.	37
Figura 3-8 - Fluxo do CQ atual	38
Figura 3-9 - Gráfico de reclamações aceites registadas Dep. Colisão	40
Figura 4-1 – Modelo de Simulação: Entradas e Secção Mecânica (ARENA).....	46
Figura 4-2 - Modelo de Simulação: Secção Chapa (ARENA).....	47
Figura 4-3 - Modelo de Simulação: Módulo <i>Decide</i> retrabalhos da Secção de Chapa	48
Figura 4-4 - Modelo de Simulação: Secção Preparação Pintura (ARENA).....	48
Figura 4-5 - Modelo de Simulação: Entrada Secção Pintura Estufa (ARENA).....	49
Figura 4-6 - Modelo de Simulação: Processamento e saída Secção Pintura Estufa (ARENA).....	49
Figura 4-7 - Modelo de Simulação: Lavagem (ARENA)	50
Figura 4-8 – Modelo de Simulação: Secção Acabamentos (ARENA).....	50
Figura 4-9 - Modelo de Simulação: CQ e Saída (ARENA)	51

Figura 4-10 - Definição da entidade (ARENA)	53
Figura 4-11 - Lista de recursos (ARENA)	55
Figura 4-12 - Ajustamento do número de entradas diárias de viaturas	56
Figura 4-13 - Modelação taxa de entradas	57
Figura 4-14 - Ajustamento processo Mecânica	57
Figura 4-15 - Modelação processo Mecânica.....	58
Figura 4-16 - Modelação processo retrabalho Mecânica	59
Figura 4-17 - Ajustamento processos Chapa.....	59
Figura 4-18 - Modelação processo Chapa (Desmontagem e Montagem)	60
Figura 4-19 - Modelação processo Retrabalho Desmontagem.....	61
Figura 4-20 - Ajustamento processo Preparação Pintura	61
Figura 4-21 - Modelação processo Preparação Pintura.....	62
Figura 4-22 - Modelação processo retrabalho Preparação Pintura.....	63
Figura 4-23 - Ajustamento processo Pintura Estufa.....	63
Figura 4-24 - Modelação processo Pintura Estufa	64
Figura 4-25 - Modelação processo retrabalho Pintura Estufa	65
Figura 4-26 - Ajustamento processo CQ	65
Figura 4-27 - Modelação processo CQ.....	66
Figura 4-28 - Modelação processo Lavagem	66
Figura 4-29 - Modelação processo Acabamentos	67
Figura 4-30 - Modelação processo retrabalho Acabamentos	67
Figura 4-31 – <i>Replication Parameters</i> do modelo de simulação Estado Atual	69
Figura 5-1 - Exemplo de arrumação ferramentas – 5S.....	74
Figura 5-2 - Exemplo marcações para definição áreas - 5S	74
Figura 5-3 -Exemplo de limpeza e organização do posto de trabalho e zonas de arrumação	75
Figura 5-4 - Exemplo de cartão identificativo (Gestão Visual)	76
Figura 5-5 - Seccionamento das zonas de estacionamento (Gestão Visual)	77

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Capacidade da oficina	32
Tabela 3.2 - Sequência processo reparação	32
Tabela 3.3 - Tipo de reparação com maior incidência por modelo	36
Tabela 3.4 - Síntese lacunas identificadas	41
Tabela 4.1 - Parâmetros distribuições determinados (Estado Atual)	68
Tabela 4.2 - Resultados simulação para 10 replicações	70
Tabela 4.3 - Comparação número de reparações médio Estado Atual Real vs. Estado Atual Simulado	71
Tabela 5.1 - Código de cores para cartões estado da reparação	76
Tabela 5.2 - Parâmetros distribuições determinados (Sugestão de melhoria 1).....	81
Tabela 5.3 - Parâmetros distribuições determinados (Sugestão de melhoria 2).....	81
Tabela 5.4 - Parâmetros distribuições determinados (Sugestão de melhoria 3).....	82
Tabela 5.5 - Comparação de resultados de simulação.....	83

Lista de Siglas e Acrónimos

5S – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*,
APV – Após Venda,
CQ – Controlo de Qualidade,
DMS – *Data Management System*,
DTC – *Diagnostic Troubleshooting Codes*,
GAMM – Distribuição Gamma,
J – Jaguar,
LP – *Lean Production*,
LR – Land Rover,
LOGN – Distribuição Log-Normal,
MB – Mercedes-Benz,
PDCA – *Plan-Do-Check-Act*,
PT – Posto(s) de trabalho,
QAS – Qualidade Ambiente e Segurança,
SMT – Smart,
TMC – *Toyota Motor Company*,
TPS – *Toyota Production System*,
TRIA – Distribuição Triangular,
SA – Sociedade Anónima,
VCL – Veículos Comerciais Ligeiros,
VCP – Veículos Comerciais Pesados,
VLP – Veículo Ligeiros de Passageiros,
VSM – *Value Stream Mapping*,
WIP – *Work in Progress*.

1 Introdução

A presente dissertação resulta da análise de um caso de estudo na oficina do Departamento de Colisão do concessionário Carclasse em Lisboa.

Neste capítulo é apresentado o enquadramento, objetivos a atingir, metodologia utilizada e, por fim, estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

Nos dias de hoje, as organizações procuram aliar uma gestão eficiente dos recursos disponíveis ao planeamento estratégico, de modo a acompanharem as constantes mudanças do mercado e garantirem a sustentabilidade a nível organizacional. O caminho para garantir os objetivos definidos, é delineado com recurso à melhoria contínua dos processos internos, para obter vantagem e diferenciação face à concorrência presente no mercado.

Neste enquadramento, as organizações tendem a incluir o pensamento *Lean* na cultura organizacional, tratando-se de uma filosofia transversal a todas as hierarquias, com vista a aumentar o valor do produto e/ou serviço aos olhos do cliente, através da redução e eliminação de desperdícios ao longo da cadeia de valor.

A cultura *Lean* promove o *empowerment* dos trabalhadores, dado que o sucesso de uma organização depende dos seus trabalhadores, e que os inputs dos mesmos são bastante valiosos para a análise de processos. Neste sentido, a cultura de melhoria contínua deverá ser desenvolvida através da partilha de conhecimentos e sugestões, de todos os envolvidos no dia-a-dia organizacional. A motivação dos colaboradores é um fator chave de sucesso no desempenho intrínseco e extrínseco, bem como para a obtenção da excelência organizacional. O apoio da gestão de topo é crucial para garantir a motivação, manutenção do espírito de melhoria contínua e manutenção das boas práticas de trabalho definidas.

Assim, com recurso à filosofia *Lean*, existe a procura de acrescentar valor ao produto ou serviço com a finalidade de proporcionar as expectativas criadas pelo cliente ou mesmo excedê-las, na ótica da satisfação do cliente e consequente fidelização à organização.

Contudo, o acompanhamento da implementação desta filosofia é muitas vezes deficitário, quer seja pela falta de visibilidade no processo, ou pela crença de que o

pensamento *Lean* se trata apenas de um conjunto de ferramentas. Como tal, a simulação de processos surge como um recurso bastante poderoso na ótica da modelação dos processos produtivos, permitindo identificar oportunidades de melhoria e experimentar cenários alternativos, sem interferir com o funcionamento atual do processo. Assim, sem implicar disrupção ou custos avultados, através de um “laboratório virtual” é possível obter resultados efetivos para as sugestões de melhoria, identificadas no levantamento no *Gemba*.

1.2 Objetivos e Metodologias

A presente dissertação, tem como objetivo fundamental a identificação oportunidades de melhoria nos processos do Departamento de Colisão, bem como o estudo do impacto das mesmas na cadeia produtiva em vigor e incremento da eficácia e redução de desperdícios em cada processo, através da aplicação de ferramentas de apoio ao pensamento *Lean*.

1.2.1 Questões da investigação

Após definição de objetivos, formularam-se as questões da investigação necessárias para se atingirem os mesmos:

- QI 1: A organização interna da oficina de colisão da Carclasse filial de Lisboa vai ao encontro do *Lean Thinking*?
- QI 2: A aplicação de ferramentas *lean* pode criar valor acrescentado para o cliente, através do aumento da eficiência e organização dos processos produtivos, da oficina de colisão da Carclasse filial de Lisboa?
- QI 3: A otimização do controlo de qualidade e introdução de controlos de qualidade por secção, diminuirá o retrabalho?

1.2.2 Metodologia da investigação

A metodologia da investigação utilizada na presente dissertação foi baseada no estudo de caso. Esta metodologia revela-se como uma estratégia preferencial, quando o investigador tem pouco controlo sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenómenos contemporâneos, inseridos no contexto real (Yin, 2003).

Neste enquadramento, a presente dissertação aborda acontecimentos em processos produtivos reais sites numa empresa real, cujos resultados da análise efetuada, apenas são válidos e coerentes com este caso de estudo particular.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada sequencialmente em 6 capítulos, de modo a garantir resposta às questões de investigação colocadas, e ir ao encontro dos objetivos apresentados.

No primeiro capítulo, expôs-se a contextualização do tema, identificação dos objetivos e perguntas de investigação, assim como a metodologia utilizada para a realização da investigação.

O segundo capítulo, contém o estado da arte e conceitos teóricos que suportam a investigação, o *Lean Thinking* e ferramentas associadas, tal como a aplicação na indústria dos serviços.

No terceiro capítulo é efetuada a caracterização da Carclasse filial de Lisboa e da oficina do Departamento de Colisão, bem como do problema industrial identificado.

No quarto capítulo, encontra-se descrita a metodologia utilizada na simulação de processos do estado atual, os modelos utilizados e os resultados obtidos através do *software* de simulação ARENA.

O quinto capítulo diz respeito à simulação de processos de estados melhorados, com base nas sugestões apresentadas, mediante as oportunidades de melhoria identificadas e quantificação das diferenças de desempenho dos processos.

Por fim, no sexto capítulo, são descritos os benefícios obtidos através da utilização de modelos produtivos alternativos, elaborados com base em sugestões de melhoria dos processos atuais, bem como as limitações do estudo efetuado e sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão da literatura

O capítulo de revisão bibliográfica, identifica e descreve os conceitos fundamentais, que foram objeto de estudo e suporte para a dissertação desenvolvida.

A origem do *Lean Thinking* dá início ao presente capítulo, assim como a definição de *Lean Services*, seguido dos objetivos e resultados típicos da aplicação de princípios *Lean*. De seguida, os 5 Princípios de Womack, e em consequência as principais fontes de desperdícios em ambiente organizacional.

Posteriormente, são enunciadas as ferramentas de apoio ao *Lean Thinking*, que auxiliaram o estudo realizado. Por fim, é abordada a Teoria das Filas de Espera, tendo a mesma suportado e fundamentado as simulações efetuadas.

2.1 *Lean Thinking*

A necessidade de melhoria da capacidade de resposta às necessidades dos Clientes, começou a urgir no seio dos diversos setores industriais no século XX, que motivou várias alterações a nível da produção. Deste modo, a eficiência na produção torna-se um tópico emergente e de elevada importância, quando os pedidos dos Clientes se traduzem numa quantidade crescente de encomendas de dimensão reduzida, que lhes têm de chegar de uma forma cada vez mais dinâmica (Jacobs-Blecha, Ammons, Schutte & Smith, 1998).

As circunstâncias económicas atuais, implicam uma maior urgência a nível da redução das fontes de desperdício e no aumento da eficiência e da produtividade das organizações (Waring & Bishop, 2010).

No caminho para obter uma produção eficaz, eficiente e economicamente viável, são conjugados diversos fatores, desde o planeamento da produção à organização do fluxo produtivo (processos). Estes fatores devem ser balanceados e articulados, de forma a obter o mínimo desperdício em conjunto com custos de operação aceitáveis (Martens, 2004).

O aumento da eficiência operacional, enquanto incremento de produtividade através da redução de recursos, pode ser atingido através de quatro aspetos fundamentais para o cliente: Qualidade; Custo; Distribuição e Motivação. Neste enquadramento, a introdução das metodologias do *Lean* torna-se um tema premente, devido à sua vasta aplicabilidade e possibilidade de otimização de operações e processos, associados aos setores operacionais (Bardhan & Thouin, 2013).

As metodologias *Lean* tiveram origem após a Segunda Guerra Mundial, através do foco na produção automável por parte da Toyota. A quebra da economia japonesa e escassez de mão-de-obra e matéria-prima, levaram a que a Toyota competisse no mercado sem recursos financeiros e maquinaria pesada necessária, ao contrário dos seus concorrentes americanos da Ford (Tempelman & Schildmeijer, 2020).

A envolvimento em que a Toyota se encontrava, conduziu Sakichi Toyoda ao desenvolvimento do *Toyota Production System* (TPS) de modo a fazer face à crise vivida. O conceito do TPS foca-se nas atividades que trazem valor acrescentado ao produto final, aos olhos do cliente (Melton, 2005).

Após o final da Segunda Guerra Mundial, a Toyota Motor Company (TMC) começou a dedicar-se à produção em larga escala de automóveis, com a variedade de modelos necessária para satisfazer os vários segmentos de mercado (Womack, Jones, & Roos, 2007).

Taiichi Ohno, engenheiro chefe de produção da TMC, perante o paradigma da produção em massa praticado pela cultura ocidental, reconheceu duas grandes falhas, nomeadamente (Holweg, 2007):

- A produção de componentes originava grandes volumes de *stock* que implicavam um grande investimento de capital, ocupação excessiva de espaço de armazenamento e uma elevada taxa de defeitos;
- Incapacidade de introduzir as características com valor acrescentado para o cliente no produto final, devido à baixa flexibilidade dos processos.

Para Taiichi Ohno, a base da criação de valor era a eliminação do desperdício, que assentava em dois grandes pilares: o *Just-In-Time*, vocacionado para a produção e o *Jidoka*, vocacionado para a qualidade. Os fundamentos do TPS são vulgarmente representados pela “Casa do TPS”, ou “Casa do *Lean*”. Contudo, esta representação era fortemente orientada para as ferramentas de apoio ao *Lean* e para a produção, e não era focada no sistema, o que levou a que se colocasse em causa situações coisas como, a falha de compromisso com um cliente ou o que aconteceria se as ferramentas do *Lean* fossem mal-interpretadas pelos operadores. Então, ao longo do tempo, apercebeu-se que os pilares desta “casa” não contemplavam os fatores ligados às pessoas e às ideias. Como tal, recentemente, surgiu uma versão melhorada da “casa” inicial, com uma componente ligada ao *Kaizen* (Bicheno & Holweg, 2016). Esta versão esquemática encontra-se representada na Figura 2-1.

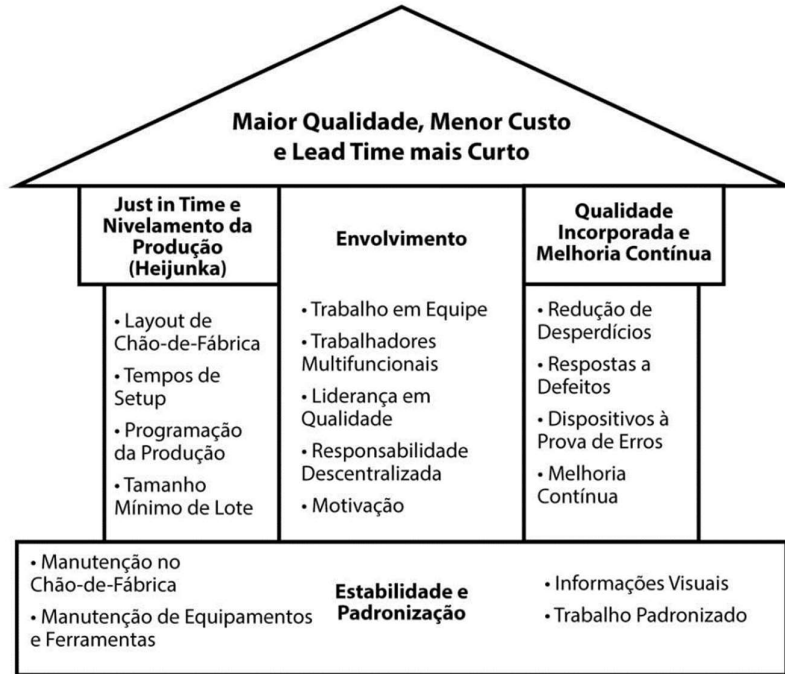


Figura 2-1 - Casa do Lean melhorada (adaptado de: Höök & Stehn, 2008).

A filosofia *Lean* começou a ter um maior foco orientado para a especificação de valor definida pelo cliente e na estratégia integrada na cadeia de abastecimento, a partir de 2000. Esta filosofia foi então ampliada até à indústria com baixo e alto volume de produção e para o setor dos serviços (Hines, Found, Griffiths, & Harrison, 2008).

A implementação de metodologias para melhoria de processos nos serviços, surgiu devido à necessidade de reduzir custos e aumentar a qualidade de serviço. Assim que estas metodologias foram implementadas nos serviços públicos, comprovou-se que não só reduziam custos e aumentavam a qualidade do serviço, mas também reduziam os tempos de processamento e espera e aumentavam a satisfação dos clientes internos e externos (Radnor, 2010).

O pensamento *Lean* tornou-se assim uma abordagem bem-sucedida e transcendeu-se além da ligação à indústria automóvel, para ser globalmente difundida através de diferentes setores, como a produção, manutenção ou serviços (Womack *et al.*, 2007). O TPS permitiu produzir com maior flexibilidade, qualidade, pontualidade e fazer mais com menos recursos, sendo assim chamado de *Lean Production* (LP) (Black, 2007).

2.2 Benefícios do *Lean Thinking*

A correta implementação do pensamento *Lean* deverá traduzir-se numa redução clara das atividades sem valor acrescentado, otimizando todos os processos que acrescentam valor ao produto ou serviço. Esta implementação representa benefícios como menores desperdícios nos processos, menor *lead time*, redução de *stocks* e menor incidência de retrabalhos, que para as organizações representam ganhos significativos a nível da eficiência que têm um papel fulcral num mercado altamente competitivo (Melton, 2005).

Na Figura 2-2 encontram-se representados esquematicamente os benefícios típicos da implementação do *Lean Thinking*. Estes benefícios são definidos por:

- Redução de desperdícios nos processos;
- Redução do *Lead-Time* (o produto/serviço é entregue ao cliente com maior rapidez);
- Redução do retrabalho, ou seja, aumento da qualidade de serviço/produto;
- Redução de custos e melhor aproveitamento dos recursos financeiros;
- Aumento da clarificação e do entendimento dos processos;
- Redução de *stocks*.

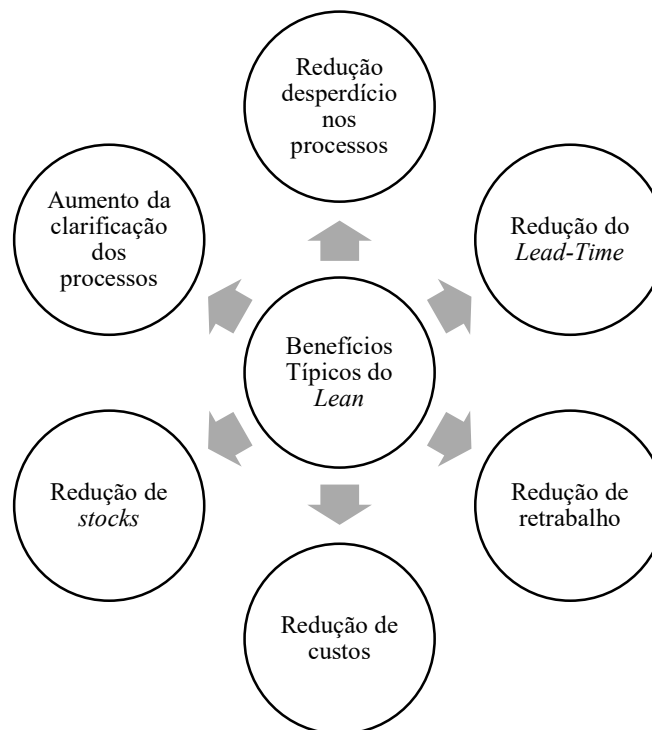


Figura 2-2 - Benefícios típicos *Lean* (adaptado de: Melton, 2005).

Como em todas as teorias e filosofias, existem pontos ou “forças” que suportam e apoiam os fundamentos das mesmas e pontos ou “forças” contra, conforme representado na Figura 2-3.

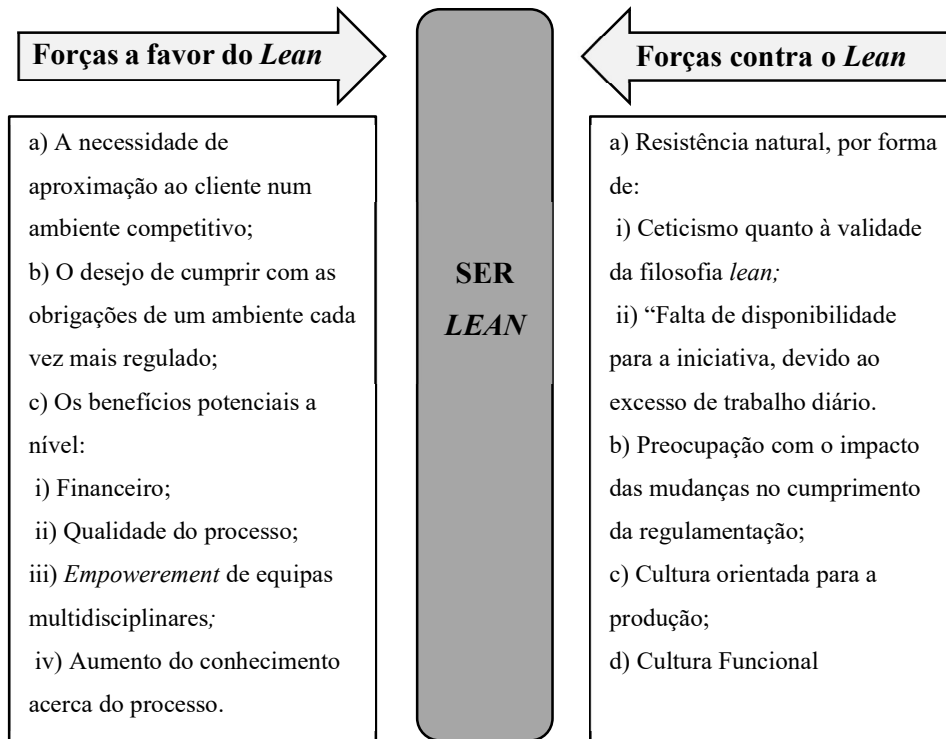


Figura 2-3 - Forças a favor e contra o "ser" *Lean* (adaptado de: Melton, 2005).

Melton (2005) defende que a redução de custos, a formação constante das pessoas, a orientação para o cliente e a robustez dos processos são algumas das “forças” que apoiam a implementação do Pensamento *Lean*. O sucesso da LP promove a melhoria contínua dos serviços nas organizações, devido ao constante aperfeiçoamento para obtenção da ambicionada excelência organizacional. Para tal, é fundamental existir um compromisso diário com as metodologias estudadas, para que a força supere sempre a fraqueza, ou seja, “para dois pesos, duas medidas”.

Contra o fluxo positivo de uma implementação *Lean*, surgem as forças inversas que questionam a veracidade e benefício dos métodos implementados. Dado que a implementação exige esforço e dedicação, por parte das pessoas envolvidas nos processos da organização, muitas das vezes surge a resistência à mudança acompanhada pela falta de disponibilidade dos mesmos (Melton, 2005).

2.3 Os 5 Princípios de Womack

A Toyota produzia automóveis a uma velocidade superior, com menos inventário e com melhor qualidade que a Ford, situação que motivou investigação do caso por parte de James P. Womack. Neste estudo, foram identificados 5 princípios associados à filosofia *Lean* (Womack & Jones, 2003):

1. Definição de valor para o cliente – *Value*;
2. Identificação da cadeia de valor – *Value Stream*;
3. Gerar fluxo contínuo – *Flow*;
4. Utilizar cadeias *pull* – *Pull*;
5. Busca pela perfeição – *Perfection*.

Os princípios enunciados relacionam-se de forma cíclica, que deverá ser mantida durante a vida útil do produto, como uma atividade de rotina da gestão da organização, conforme representado na Figura 2-4.

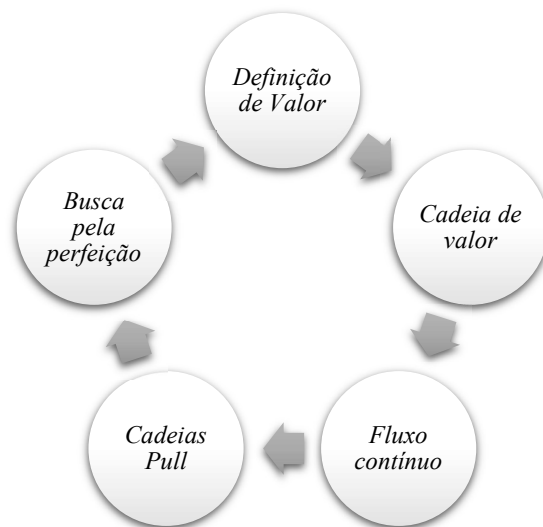


Figura 2-4 - Os 5 princípios da filosofia *Lean* (adaptado de: Womack & Jones, 2003).

A definição de valor deverá estar em linha com a capacidade de fornecer ao cliente um produto ou serviço que seja capaz de satisfazer os seus requisitos de qualidade, quantidade e tempo, de forma fiável e consistente, através de uma boa relação custo-eficácia (Machado, 2019).

A cadeia de valor corresponde ao conjunto de todas as atividades necessárias para entregar o produto ou serviço ao cliente, desde as matérias-primas ao produto acabado, realçando as fontes de desperdício (Womack & Jones, 2003).

O fluxo contínuo deverá ser gerado e promovido ao longo de toda a cadeia de valor sem qualquer interrupção, defeitos, retrabalhos, esperas ou sucatas, por meio da

eliminação de todas as atividades que não acrescentam valor ao processo produtivo (Womack & Jones, 2003).

A utilização de cadeias *pull*, tem como objetivo deixar o cliente “puxar” valor e criar a necessidade a jusante, ou seja, gerando inventário à medida das necessidades do cliente (Tempelman & Schildmeijer, 2020).

A busca pela perfeição é fruto do trabalho conjunto das pessoas, na direção da melhoria contínua diária em todos os processos da organização, sendo também designada como *Kaizen*, em que “*Kai*” representa mudança e “*Zen*” para melhor (Tempelman & Schildmeijer, 2020).

Os cinco princípios chave do pensamento *Lean*, ao serem aplicados de forma contínua, potenciam a redução e eliminação das sete grandes formas de desperdício (Maia, Alves, & Leão, 2011).

2.4 Lean Services

As metodologias do *Lean* aplicam-se em todos os setores de atividade, devido à vertente de otimização de processos e operações que possuem (Bardhan & Thouin, 2013).

Um serviço pode ser definido como um domínio do controlo discreto, que abrange um conjunto de tarefas para alcançar um determinado objetivo. Os serviços são assim, um conjunto de atividades executadas para satisfazer uma necessidade concreta, em que pode ser incluída a entrega de produtos. Desta forma, um serviço não é tangível, mas apenas perceptível, pelo cliente (Jones, 2005).

O setor dos serviços começou a ganhar notabilidade em 1970, no entanto, os serviços prestados não eram eficientes, tinham qualidade deficiente, baixa produtividade e os modelos de gestão não eram flexíveis ao ponto de acompanhar a evolução do mercado. No entanto, o *Lean Thinking*, apesar de ter emergido no contexto da produção automóvel no Japão, foi adaptado aos serviços para resolver os seus pontos fracos (Bowen & Youngdahl, 1998). Face às alterações no mercado, a aplicação de metodologias do *Lean* tornou-se uma prioridade para a competitividade no setor dos serviços (Piercy & Rich, 2009).

As empresas começaram a reconhecer a importância de ajustar os seus processos às necessidades dos clientes, para ir ao encontro das expectativas dos mesmos. Desta forma, as organizações vêm a melhorar os seus processos, tornando-os mais capazes, rápidos e eficientes à custa de um menor investimento, traduzindo estas alterações em melhorias na qualidade do serviço prestado (Allway & Corbett, 2002).

Os desperdícios são algo que continuará associado aos serviços e que não acrescenta valor aos olhos do consumidor (Hines *et al.*, 2008). No entanto existem certos desperdícios associados aos bens que não se aplicam no caso dos serviços (Maleyeff, 2006).

2.5 Desperdícios

Os processos produtivos das empresas atuais, por diversas razões intrínsecas ou extrínsecas aos próprios processos, originam formas de desperdício. Taiichi Ono foi o primeiro a conceptualizar as 7 grandes formas de desperdício a nível produtivo ou *Muda* (Hicks, 2007).

Na filosofia *Lean*, o desperdício tem uma preponderância central, tendo como ideal a criação de processos com zero desperdício, onde tudo é desenhado para a identificação e eliminação de desperdícios. Esta filosofia reconhece sete tipos de desperdício (Tempelman & Schildmeijer, 2020):

1. Transporte – Transporte excessivo de trabalhadores, material ou informação resultando em desperdícios de tempo, esforço e dinheiro (Hines *et al.*, 2008);
2. Inventário – Matérias primas ou trabalhos em progresso que não se encontram a ser processados, resultando num atraso no tempo de processamento do produto (Womack & Jones, 2003);
3. Movimentação – Movimentação desnecessária ou excessiva de pessoas quando procuram materiais, ferramentas ou documentos (Tempelman & Schildmeijer, 2020);
4. Espera – Períodos longos de inatividade de pessoas, equipamentos, informação ou produtos (Melton, 2005);
5. Sobreprodução – Produção antecipada em relação à procura ou em quantidade superior à exigida ou requerida pelos clientes (Hines *et al.*, 2008). Esta forma de desperdício é considerada como uma das mais nocivas para a organização devido aos desperdícios que derivam da mesma, tais como, excesso de *stock*, transporte ou fluxo ineficiente de materiais e informação (Meier & Liker, 2005);
6. Processamento excessivo – Processar mais do que o realmente necessário na transformação de matérias-primas em produto acabado (Tempelman & Schildmeijer, 2020);

7. Defeitos – Inconformidades geradas na qualidade do produto ou entrega do mesmo ao cliente (Hines *et al.*, 2008).

Melton (2005) cita alguns dos resultados divulgados pelo *Lean Enterprise Research Centre* (LERC) em 2004, revelando que na maioria das organizações em contexto industrial:

- Apenas 5% das atividades globais acrescentam valor;
- 35% das atividades são necessárias, mas não acrescentam valor do ponto de vista do cliente, ou seja, são atividades necessárias que acrescentam valor do ponto de vista da organização (*Business Value Add*);
- 60% das atividades não acrescentam valor e são desperdício puro, sendo dispensáveis para o processamento do produto ou serviço.

Alguns autores mencionam uma oitava fonte de desperdício que tem origem do desaproveitamento da criatividade das pessoas, ao desvalorizar ideias, aptidões ou sugestões de melhoria (Meier & Liker, 2005).

2.6 Ferramentas de apoio ao *Lean Thinking*

Neste subcapítulo são apresentadas ferramentas que auxiliam na implementação do pensamento *Lean*, na medida em que a sua aplicação permite melhorar o sistema a nível dos processos e do fluxo entre si.

As ferramentas de apoio são um auxiliar poderoso, devido à sua vasta possibilidade de aplicação e resultados comprovados em vários setores de negócio (Tyagi, Cai, Yang, & Chambers, 2015).

2.6.1 *Kaizen*

O termo japonês *Kaizen* traduz-se como “mudança para melhor”, tendo como grande objetivo a eliminação das atividades sem valor acrescentado e o envolvimento de todos os colaboradores da organização (Imai, 2012). O enquadramento com a filosofia de melhoria contínua é total, exatamente por visar aumentar o sucesso da organização e reduzir as suas falhas (Sundar, Balaji, & Kumar, 2014).

O *Kaizen* é uma mentalidade que promove o esforço de melhorar de modo contínuo, através da implementação de uma mudança cultural no seio da organização, devendo partir da gestão de topo e envolver todos os colaboradores (Kiran, 2020).

A implementação do espírito de melhoria contínua requer fundamentalmente a confiança e responsabilidade do trabalhador na eficácia do seu trabalho, bem como

trabalhadores formados, conhecedores, empenhados no desempenho do seu trabalho e no cumprimento dos objetivos da organização (Maia *et al.*, 2011).

As boas práticas e melhorias apenas terão sucesso se esta filosofia for enraizada nas atividades diárias de cada trabalhador, permitindo eliminar desperdícios e criar hábitos metódicos, como um ambiente de trabalho limpo, organizado e standardizado (Ortiz, 2006).

No âmbito industrial, para dar suporte à implementação de medidas que promovam a melhoria de processos, surgiu o ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), também conhecido como ciclo Demming-Shewart. A introdução deste ciclo permite que os resultados sejam mensuráveis e alterados, caso seja necessário, ao longo de todo o processo assegurando que os patamares definidos para melhoria são alcançados. (Tamher, Rachmawaty, & Erika, 2021)

O ciclo PDCA (Figura 2-5), é composto por quatro fases (Jagusiak-Kocik, 2017; Sokovic, Pavletic, & K. Pipan, 2010):

- 1) *Plan* (Planejar) – Identificação do objetivo e planeamento das melhorias a implementar para eliminar o problema;
- 2) *Do* (Fazer) – Ação sobre o problema através da aplicação das melhorias, ou seja, colocar em prática o planeamento;
- 3) *Check* (Verificar) – Recolha e análise de dados, confirmando se os objetivos desejados foram atingidos;
- 4) *Act* (Atuar) – Implementação das ações corretivas necessárias para manter os ganhos e corrigir falhas.

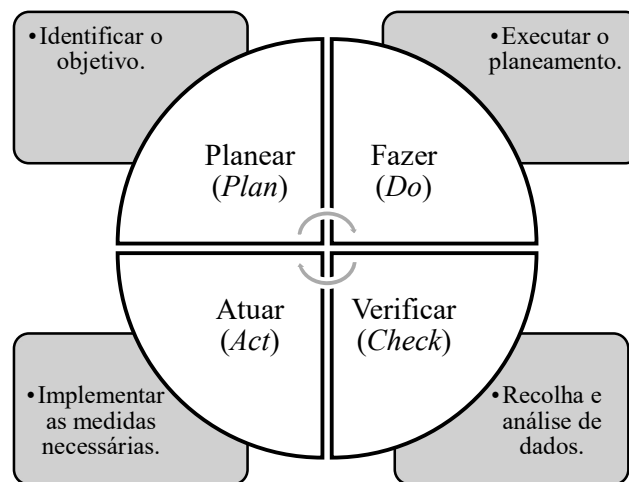


Figura 2-5 - Ilustração do Ciclo PDCA (adaptado de: Alauddin & Yamada, 2019).

2.6.2 5S (Housekeeping)

Os 5S são uma ferramenta básica de eliminação de *Muda* sendo que a sua designação corresponde às iniciais de cinco palavras japonesas (Womack & Jones, 2003):

1. *Seiri (Sort)* – Triagem: Separação das ferramentas, componentes, equipamentos ou instruções úteis para o dia-a-dia, das que já não o são;
2. *Seiton (Set in order)* – Organização: Identificação e organização das ferramentas, componentes ou equipamentos;
3. *Seiso (Shine)* – Limpeza: Limpeza do posto de trabalho;
4. *Seiketsu (Standardize)* – Normalização: Perpetuar a aplicação dos 3 primeiros “S”;
5. *Shitsuke (Sustain)* – Disciplina: Tornar os 4 primeiros “S” numa rotina do posto de trabalho através de monitorização contínua.

O ciclo de implementação desta ferramenta encontra-se ilustrado na Figura 2-6.



Figura 2-6 - Passos do ciclo -de implementação do método 5S (adaptado de: website Lean Products EU, 2022).

O foco desta ferramenta encontra-se na melhoria das condições do espaço de trabalho, através da remoção de resíduos e objetos desnecessários, bem como atribuição de locais designados para arrumação específica de forma organizada (Womack & Jones, 2003). A aplicação do 5S facilita o controlo visual das operações (Wilson, 2015).

A eliminação de desperdício em forma de movimentação, constitui o objetivo principal desta ferramenta, dado que evita a procura de objetos ou ferramentas por parte do trabalhador (Meier & Liker, 2005). Assim, ao eliminar o desperdício básico, liberta-se tempo para a realização de tarefas de valor acrescentado e reduzindo o esforço necessário para tal (Veres, Marian, Moica, & Al-Akel, 2018).

A participação dos colaboradores da área onde se aplica o 5S é fundamental, para implementação prática no ambiente de trabalho (Lingareddy, Reddy, & Jagadeshwar, 2013). A aplicação do 5S à semelhança do *Lean Thinking* requer uma mudança da mentalidade das pessoas, para a obtenção de melhorias significativas para se caminhar em direção à eliminação desperdícios (Hirano, 1996; Jaca, Viles, Paipa-Galeano, Santos, & Mateo, 2014).

2.6.3 Value Stream Mapping

A ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) consiste em mapear a cadeia de valor, sendo utilizada pelo *Kaizen Institute*, para uma macro análise dos processos produtivos e logísticos das organizações. Entenda-se cadeia de valor como o conjunto de todas as atividades da organização, de valor acrescentado ou sem valor acrescentado, que são necessárias para transformar a matéria-prima em produto nas mãos do cliente (Rother, Shook, Womack, & Jones, 1999).

As atividades têm em conta todo o fluxo de informação e materiais presentes nos vários processos e em toda a cadeia. Neste sentido, o principal objetivo do VSM é identificar os vários tipos de *Muda* existentes na organização, e tomar as ações necessárias para a sua eliminação (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

O VSM considera o tempo total de operação, comparando-o com o tempo de espera (*lead time*) geral, sendo que quanto maior for a diferença entre o tempo de operação e o de espera, maior é o potencial para melhorias (Erlach, 2007).

Esta ferramenta tem sido muito utilizada, tanto pelas empresas industriais como pelas empresas de serviços, e tem como principal objetivo a identificação de oportunidades de melhoria através da análise do fluxo do processo. Isto permite ao gestor ter uma visão global dos processos, não se concentrando apenas em processos individuais ou na otimização das partes (Pinto, 2014).

O procedimento para elaboração do VSM contempla os seguintes passos (Rother *et al.*, 1999):

- 1) Seleção da família de produtos a jusante (cliente), para descrever com clareza os pedidos do cliente e a periodicidade dos mesmos;
- 2) Mapeamento do estado atual de funcionamento, através da observação no *Gemba* e identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria;
- 3) Mapeamento do estado ideal de funcionamento, definindo a visão futura e as medidas a implementar;

- 4) Análise custo-benefício da implementação de melhorias, de modo a conhecer os impactos e benefícios dos investimentos monetários ou humanos.

Estes passos encontram-se esquematizados na Figura 2-7, onde se encontra visível a relação direta entre os mapeamentos do estado atual e ideal.

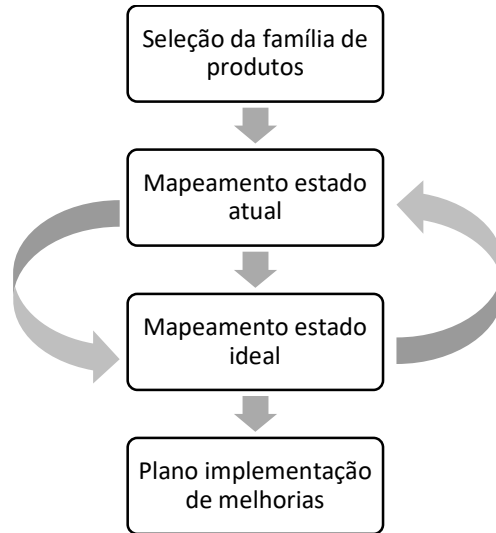


Figura 2-7 - Passos para elaboração VSM (adaptado de: Rother *et al.*, 1999).

O cumprimento destes passos, apenas será possível através do envolvimento das pessoas, e que estas estejam em sintonia com os conceitos e ferramentas que se pretendem aplicar (Villiers, 2008).

2.6.4 Gestão Visual

A técnica de Gestão Visual permite identificar e avaliar momentaneamente a ocorrência apresentada no momento, de modo a diferenciar os processos e o estado atual, com recurso a auxiliares visuais (Parry & Turner, 2006).

Este método de gestão tem como objetivo a melhoria da *performance* de uma organização, através de estímulos visuais (Shimbun, 1995). Estes estímulos visuais transmitem informação relevante de modo claro, transparente e de fácil captação para quem os observa (Angelini, Ferro, Santucci, & Silvello, 2014; Parry & Turner, 2006).

As ferramentas de monitorização por gestão visual estão implementadas em meio industrial há vários anos, por meio de quadros com horários, plantas do *layout*, classificações hierárquicas ou sistemas *Andon* (Shimbun, 1995). No entanto, com a modernização da indústria, os métodos digitais são mais preponderantes e com tendência a dominar as ferramentas de apoio a esta metodologia (Lee, Kao, & Yang, 2014).

Os sistemas *Andon* ou sistemas “lanterna”, traduzindo do japonês, funcionam como semáforos das linhas produtivas, ou seja, com o auxílio de sinais luminosos, é possível identificar necessidades ou anomalias na produção (Ohno, 1988).

A Figura 2-8, ilustra o sequenciamento de um sistema *Andon* em ambiente industrial.

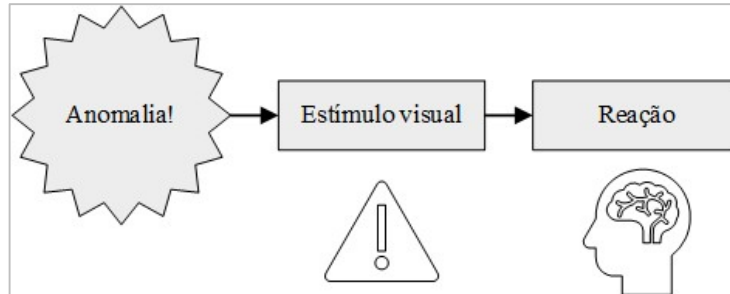


Figura 2-8 - Sequência de um sistema *Andon* (adaptado de: Naciri *et al.*, 2022).

Assim, a Gestão Visual permite uma maior autonomia dos trabalhadores na resolução de problemas, e permite um maior poder de decisão no chão de fábrica (*empowerment*).

2.7 Teoria de Filas de Espera

A teoria de filas de espera apresenta modelos probabilísticos, através dos quais é possível estudar a formação de filas, em função do número de chegadas e do processo de atendimento.

Uma situação de fila de espera é caracterizada por um fluxo de cliente ou utentes, que chegam a um ou mais postos de serviço (por exemplo, supermercados, bancos ou postos de correios), de modo a satisfazer uma qualquer necessidade. Quando o número de clientes é superior ao número de postos de serviço, forma-se o que usualmente se denomina de fila de espera (Müller, 2007).

Num sistema de filas de espera, os clientes chegam ao sistema segundo uma taxa temporal aleatória, sendo que são servidos sem atrasos se existirem servidores disponíveis, caso contrário, são forçados a aguardar em fila até que seja possível atendê-los. Assim que se encontrem servidos, os clientes deixam o sistema. Assim, é possível determinar o número médio de clientes no sistema, o tempo médio que o cliente se encontra em sistema, ou mesmo o tempo médio de espera na fila. Neste sentido, torna-se necessário definir o processo de chegadas, o número de servidores e a metodologia da fila de espera (Hsu, 2020).

A Figura 2-9 representa um modelo simplificado da teoria das filas de espera.

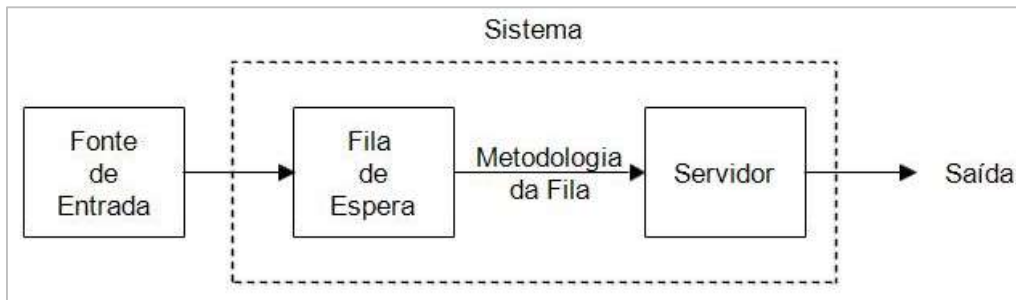


Figura 2-9 - Modelo de Filas de Espera (adaptado de: Hsu, 2020).

O objetivo fundamental da modelação de filas de espera, trata de se obter a solução ótima para um dado problema. Neste sentido, num caso ótimo, a solução obtida deverá ser sujeita a avaliação segundo fatores de decisão económicos, com base nas preferências da gestão de topo, de modo a potenciar a relação custo/benefício. Por exemplo, ao aumentar a taxa de serviço, resultará numa redução do tempo de espera dos clientes, e consequentemente num custo de espera menor (Sztrik, 2016).

2.8 Simulação de sistemas

A simulação resulta da modelação de um processo ou sistema, de modo que o modelo reproduza as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo, com o propósito de entender o seu comportamento e/ou avaliar estratégias de operação (Schriber, 1987).

Um sistema trata-se de um conjunto de objetos, como pessoas ou máquinas, por exemplo, que atuam e interagem com a intenção de alcançar um objetivo ou um propósito lógico (Schmidt & Taylor, 1970).

A simulação, permite assim, prever o comportamento futuro dos sistemas usando modelos, ou seja, antecipar os efeitos produzidos por alterações ou pela utilização de outros métodos nas suas operações, devendo estudar-se diretamente o sistema real se assim for possível e economicamente viável, dado que os resultados das alterações impostas serão inquestionáveis (Banks, 1998). Contudo, raramente é possível, ou até mesmo impossível, efetuar experiências diretamente no sistema porque as alterações impostas podem ter efeitos indesejáveis, implicando custos elevados. Acrescendo o facto de que o sistema que se pretende estudar poderá nem existir. Por estas razões, deve desenvolver-se um modelo que represente o sistema real (Law & Kelton, 1991).

Os modos de estudo de um sistema encontram-se então representados na Figura 2-10

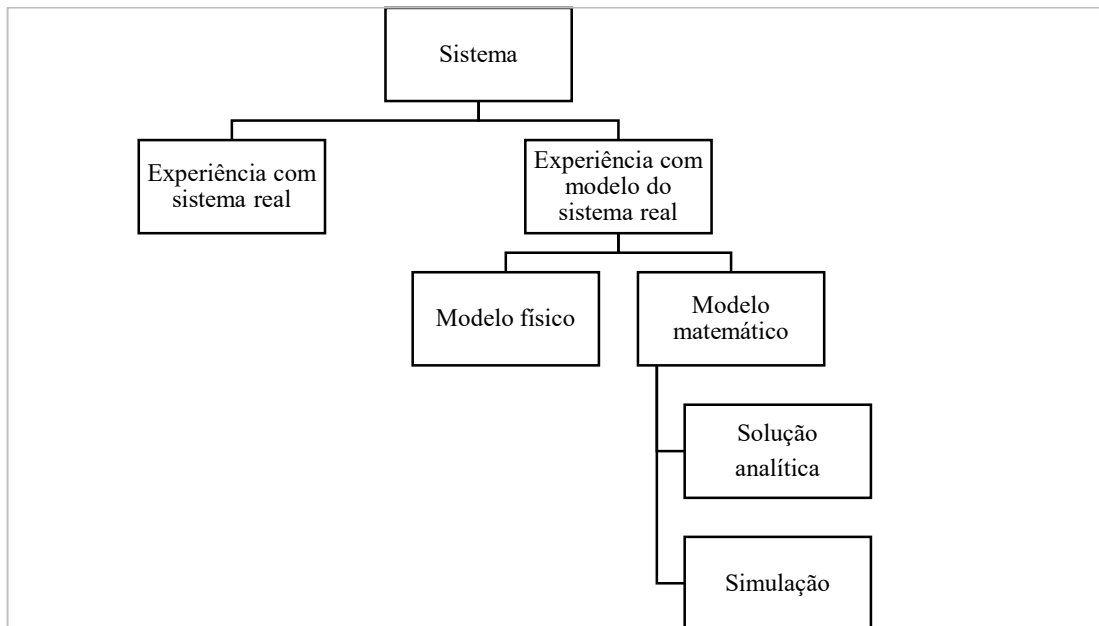


Figura 2-10 - Modo de estudo de sistemas (adaptado de: Law & Kelton, 1991).

Nos casos em que se opta por utilizar um modelo do sistema real, pode realizar-se a construção de uma réplica do sistema, denominando-a de modelo físico. Em alternativa, poderá optar-se pelo desenvolvimento de um modelo matemático, ou lógico, para representar o sistema através de relações lógicas e matemáticas que descrevem o seu funcionamento, perante as restrições aplicadas (Law & Kelton, 1991).

Os modelos matemáticos, representam um conjunto de aproximações e pressupostos que são utilizados para caracterizar o funcionamento do sistema, na situação atual e nos cenários alternativos. Na sua generalidade, os modelos matemáticos são de fácil construção, económicos e mais rápidos na obtenção de resultados através da manipulação das variáveis de entrada do modelo (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2003).

O modelo matemático poderá encontrar uma solução exata para modelos de sistemas suficientemente simples, ou seja, poderá fornecer uma solução analítica através da abordagem matemática tradicional, isto é, através de equações diferenciais, programação linear ou pela teoria das filas de espera. Porquanto, devem procurar-se estimativas da solução exata, o que justifica o uso de *softwares* de simulação (Kelton *et al.*, 2003).

A simulação computacional, define-se assim como um método numérico capaz de reproduzir as características e os processos de um sistema, fazendo uso de um *software* adequado para simular o seu comportamento em diferentes condições, e avaliar o efeito da manipulação dos *inputs* nos parâmetros de desempenho (Law & Kelton, 1991) (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2009).

A modelação de um dado sistema é constituída por duas componentes, sendo estas a modelação estrutural e a modelação quantitativa (Kelton *et al.*, 2003).

A modelação estrutural é constituída pelo encadeamento logico das várias fases do processo, ou seja, consiste no desenvolvimento da logica fundamental do modelo. No caso da modelação quantitativa, esta consiste no desenvolvimento das relações matemáticas que regem o funcionamento do modelo de simulação (Banks, 1998).

Um estudo de simulação, tem como objetivos fundamentais a melhoria do desempenho do sistema, previsão do funcionamento do sistema ainda em fase de projeto, possibilidade de estudo dos processos de forma isolada e obtenção de resultados, sem perturbação do funcionamento do sistema em estudo (Chung, 2019).

Os modelos de simulação podem ser classificados em dois grandes grupos, estocásticos ou determinísticos (Law & Kelton, 1991).

O modelo diz-se estocástico se o seu *input* é caracterizado por uma variável aleatória com uma distribuição de probabilidade. Caso contrário, o modelo diz-se determinístico (Law & Kelton, 1991).

Se nos estudos a realizar for necessário contemplar a sua variação ao longo do tempo, o modelo será dinâmico. Caso contrário será estático (Law & Kelton, 1991).

Caso o sistema dependa de variáveis que assumem valores discretos, isto é, valores finitos ou enumeráveis, caracteriza-se como discreto. No entanto, se o estado for alterado continuamente ao longo do tempo, ou seja, se o sistema depender de variáveis que assumem valores contínuos, diz-se contínuo (Banks, 1998).

Para além da classificação de modelos, o estudo poderá ser do tipo *terminating* ou *nonterminating (steady-state)*. O tipo *terminating*, caracteriza-se pela necessidade de especificação de condições iniciais e de término da simulação, ou seja, as condições iniciais afetam os indicadores de desempenho do modelo, sendo importante defini-las para garantir que o sistema se encontra fiel à realidade (Kelton *et al.*, 2003).

Num estudo de simulação do tipo *nonterminating*, as condições iniciais do sistema não são relevantes para o desempenho, importando apenas analisar o seu funcionamento numa janela temporal teoricamente infinita, isto é, no seu estado estacionário (Banks *et al.*, 2009).

Nesta dissertação será desenvolvido um modelo de simulação estocástico dinâmico discreto do tipo *steady-state*, dadas as características do sistema a estudar. Após definição do problema industrial e recolha dos dados necessários para o desenvolvimento do modelo, deve ser realizada uma análise dos dados recolhidos (*input*).

A modelação do sistema requer modelação dos *inputs*, podendo recorrer-se a dados em histórico, ou à recolha através da observação dos processos. A recolha de dados que sejam suficientes em quantidade, qualidade e variedade implica despende muito tempo nesta tarefa, sendo mesmo impossível em alguns contextos, pelo que a utilização de dados em histórico se torna vantajosa relativamente à medição *in loco*. Porém, ao utilizar dados em histórico, deverá ter-se em conta a precisão dos mesmos e o período temporal a que se referem, de modo a garantir a fiabilidade e validade do estudo de simulação (Biller & Gunes, 2010; Vincent, 1998).

Após decisão dos tipos de dados a utilizar é fundamental, num modelo estocástico, a representação das fontes de aleatoriedade do sistema, ou seja, associar cada *input* a uma distribuição de probabilidade, teórica ou empírica (Biller & Gunes, 2010).

A escolha da distribuição de probabilidade para cada *input* poderá ter um grande impacto no *output* da simulação e, necessariamente, na qualidade das decisões a tomar (Law & Kelton, 1991).

Note-se ainda que, para qualquer processo estocástico, não existe um modelo verdadeiro para representar os dados, pelo que, o objetivo na modelação do *input* é conseguir uma boa aproximação que apreenda as características principais do processo em estudo (Biller & Gunes, 2010).

2.8.1 Vantagens e Desvantagens da Simulação

O desenvolvimento de um modelo de simulação, como qualquer outro estudo, apresenta vantagens e desvantagens inerentes à sua aplicação.

Como vantagens podem enumerar-se os seguintes fatores:

- Sistemas do mundo real com elementos estocásticos podem não ser descritos de forma precisa através de modelos matemáticos analíticos, podendo a simulação ultrapassar este problema (Law & Kelton, 1991);
- Maior controlo sobre condições experimentais o que muitas vezes não é possível com o sistema real (Law & Kelton, 1991);
- Pelo alto nível de detalhe, o modelo pode substituir o sistema real, evitando a sua perturbação (Kelton *et al.*, 2003);
- O tempo pode ser controlado. Pode ser comprimido ou expandido. Permite reproduzir os fenómenos de maneira lenta ou acelerada, para que possam ser melhor estudados (Banks, 1998);

- Identificar estrangulamentos (*bottlenecks*), ou seja, é possível identificar estrangulamentos de materiais ou informação, potenciando a eliminação da sua causa (Banks, 1998);
- Fácil demonstração, dado que ao animar o modelo de simulação é, não só possível, verificá-lo através da observação do comportamento das relações lógicas, bem como demonstrar o seu funcionamento à gestão de topo e outros intervenientes da organização, possibilitando a aplicação de ações de melhoria (Chung, 2019).

Relativamente às desvantagens deste tipo de estudo, podem enumerar-se as seguintes questões:

- Envolve “arte” e, portanto, a aprendizagem dá-se ao longo do tempo com a aquisição de experiência (Banks, 1998);
- Os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação (processos aleatórios incluídos no modelo) (Banks, 1998);
- Os resultados de simulação, quando apresentados em grandes volumes de dados, e com efeitos de animações e gráficos, podem levar a uma confiança exagerada nos resultados. Se o modelo não for uma representação válida do modelo em estudo, este não terá utilidade, mesmo que os resultados causem boa impressão (Kelton *et al.*, 2003);
- O *software* de simulação em geral é caro e o desenvolvimento dos respetivos modelos consomem muito tempo (Law & Kelton, 1991).

2.8.2 Metodologia de Análise de Sistemas de Simulação

Um estudo de simulação deve seguir vários passos, para ser levado a cabo com sucesso.

O desenvolvimento de um modelo estocástico dinâmico discreto, em primeiro lugar, passa pela formulação do problema, definindo os objetivos do estudo, as questões que devem ser respondidas, recursos disponíveis, cenários alternativos e medidas de desempenho a analisar nos vários cenários (Banks, 1998).

De seguida deverá ser efetuada a recolha de dados do sistema real, para a construção do modelo conceptual. Nesta fase, é fundamental conhecer o funcionamento real do sistema em estudo, uma vez que os dados recolhidos constituirão os *inputs* a modelar com distribuições de probabilidade (teóricas ou empíricas). Porém, a utilização de modelos

demasiado detalhados, pode representar acréscimos de custos sem a garantia de *outputs* de melhor qualidade (Banks, 1998; Kelton *et al.*, 2003).

A validação do modelo conceptual constitui a fase seguinte do estudo, comparando o modelo com o sistema real com base nos pressupostos definidos na primeira etapa. A validação, deverá ser efetuada em conjunto com as pessoas intimamente ligadas ao processo, para atingir dados credíveis. Nesta fase podem ser detetados erros no modelos conceptual, impedindo assim a sua propagação para os *outputs* (Law & Kelton, 1991).

A fase de desenvolvimento e verificação do modelo, consiste na tradução do modelo conceptual para a linguagem do *software* de simulação, de forma a simular o funcionamento do sistema real gerando *outputs* (Kelton *et al.*, 2003). Nesta fase, assegura-se que as relações lógicas e matemáticas se encontram de acordo com as estabelecidas no modelo conceptual (Chung, 2019). A verificação do modelo deverá ser um processo contínuo, e não apenas após o desenvolvimento do modelo, dado que verificar o modelo é afirmar que o mesmo foi construído corretamente (Banks, 1998; Chung, 2019).

O modelo é considerado válido se representar o sistema real devidamente, sendo que a validação poderá ser realizada através da comparação dos *outputs* com os indicadores de desempenho do sistema real. Caso os *outputs* sejam próximos dos do sistema real, então, o modelo pode ser validado (Law & Kelton, 1991).

Após validação, podem ser definidos cenários ou modelos alternativos, definindo parâmetros da simulação, tais como: a duração da simulação; o número de replicações e o período de *warm-up*. A definição deste parâmetros, permite a realização do estudo de vários cenários do modelo de forma eficiente (Kelton *et al.*, 2003).

Por fim, deve ser elaborado um relatório que contenha o modelo conceptual, os pressupostos de simulação, a descrição detalhada da programação do modelo, os resultados obtidos e as conclusões do estudo de simulação efetuado.

Os passos mencionados encontram-se esquematizados Figura 2-11 por etapas de: Planeamento; Modelação; Simulação e Conclusão.

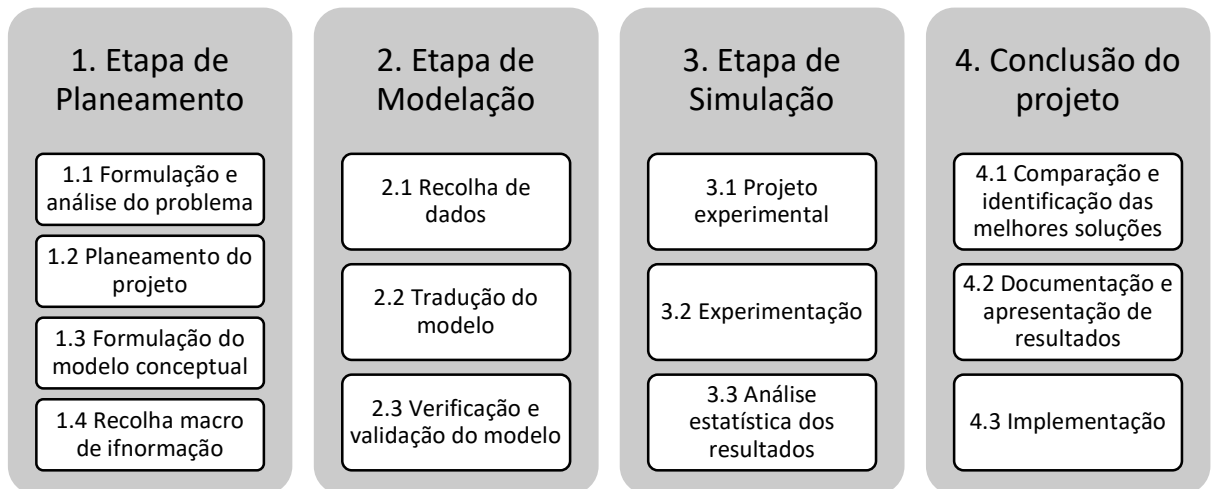


Figura 2-11 - Metodologia de um estudo de simulação (adaptado de: Law, 2008).

2.9 Fator Humano na Melhoria Contínua

A felicidade e motivação de um colaborador no local de trabalho são algo de fundamental para o bom funcionamento da organização, e consequente cumprimento de objetivos, pelo que as práticas de ações que fortaleçam o bem-estar no local de trabalho, são ferramentas cruciais para o desenvolvimento de uma base sustentável (Atan, Ozgit, & Silman, 2021).

Mullins (2010), definiu um modelo motivacional cíclico simplificado (Figura 2-12), onde refere que as necessidades ou expectativas recebidas através do *feedback* das pessoas, devem resultar em ações comportamentais que espelhem motivação para atingir os objetivos desejados, e que consequentemente irão providenciar concretização pessoal das pessoas, mantendo a felicidade no local de trabalho.



Figura 2-12 - Modelo motivacional simplificado (adaptado de: Mullins, 2010).

Contudo, a conjuntura atual por si só, quer a nível económico-social e ambiental, desafia o bem-estar pessoal e interpessoal, no entanto, a introdução de novas metodologias de trabalho e alterações no dia-a-dia profissional, podem traduzir-se num desafio acrescido e colocar em risco a tão desejada felicidade. A resistência à mudança

relaciona-se também com a capacidade das pessoas em se adaptarem e, por isso, em manterem um maior ou menor controlo sobre as necessidades e exigências que lhes são colocadas diária ou pontualmente (Block & Kremen, 1996).

Nas mudanças a nível organizacional, na maioria das vezes, regista-se desejo de mudar para melhor por parte dos colaboradores, no entanto, é habitual que estes sejam esquecidos e vulnerabilizados em função de aspetos formais que mascaram a responsabilidade da gestão de topo, sendo esta alegação fundada também no pouco conhecimento existente sobre dimensões individuais da mudança (Vickers & Kouzmin, 2001). A liderança das organizações, tende mesmo a negligenciar a função nuclear dos colaboradores no processo de mudança, apesar de se argumentar que o suporte destes é indispensável (Choi, 2011).

Deste modo, a implementação de novas metodologias para melhoria dos processos, deverá contemplar a vertente humana, e não ignorar os possíveis impactos que terá nos intervenientes. Logo, é também determinante ouvir as opiniões e sugestões dos intervenientes nos processos que irão ser alvo de melhoria, de modo a envolver as pessoas e fazê-las sentir parte desta mudança, o que poderá reduzir consideravelmente a resistência que terão perante as mudanças no seu dia-a-dia.

3 Caso de Estudo

A presente dissertação, tem como premissa o estudo do processo produtivo do Departamento de Colisão da filial Carclasse em Lisboa, pertencente à rede de concessionários do grupo Carclasse S.A, desenvolvendo atividade na distribuição e reparação de automóveis das marcas representadas.



Figura 3-1 - Carclasse S.A, Lisboa

A atividade da oficina de Colisão da filial da Carclasse em Lisboa, está centrada na área dos sinistros automóveis.

Neste capítulo será caracterizado o estado atual de funcionamento e identificação do problema industrial, de acordo com as observações efetuadas no período de recolha de dados, em conjunto com a experiência profissional no decorrer do desempenho de funções no Departamento de Qualidade Ambiente e Segurança (QAS) da empresa.

3.1 Carclasse S.A

A Carclasse conta com mais de 25 anos de história no setor automóvel, sendo uma referência na prestação de serviços integrados para o mercado automóvel, das marcas Mercedes-Benz (MB); smart (SMT); Jaguar (J); Land Rover (LR); Tesla (TSL) e mais recentemente Ford (F).



Figura 3-2 - Grupo Carclasse S.A

A fundação da Carclasse ocorre em 1993, tornando-se um representante oficial Mercedes-Benz nos distritos de Braga e Viana do Castelo, e formalmente desde 1999 para todo o Minho.

Em abril de 2007, passou também a representar as marcas Jaguar e Land Rover. Todas são concessões são representantes oficiais da Mercedes-Benz e Smart, à exceção de Guimarães e Lisboa, que representam também Jaguar e Land Rover. Recentemente, a Carclasse tornou-se também representante da Ford, com instalações no Parque das Nações.

Atualmente, a Carclasse é líder na venda de veículos ligeiros de passageiros da marca MB em Portugal, e obtém um dos maiores volumes de faturação anual nacional, relativamente aos serviços Após-Venda (APV).

O sucesso da Carclasse tem-se traduzido também no crescimento das suas infraestruturas, prova inequívoca de que a empresa tem consolidado a sua presença no sector automóvel. Com uma forte presença em todo o Minho, a Carclasse conta atualmente com 5 pontos de venda/oficinas (Barcelos, Braga, Famalicão, Guimarães e Viana do Castelo), além das instalações em Lisboa, onde representa Mercedes-Benz, Smart, Jaguar e Land Rover. Neste momento, conta com mais de 500 funcionários espalhados pelos concessionários do grupo.

A Carclasse é uma empresa que se destaca pela coesão, dinâmica e profissionalismo de todas as suas unidades, visando a qualidade do serviço e a satisfação das necessidades dos seus clientes. A melhoria dos serviços é algo que se encontra sempre na retina da organização, trabalhando diariamente para o aprofundar da eficiência da empresa e a eficácia das equipas.

3.1.1 Estrutura organizacional

A Carclasse encontra-se dividida em duas grandes áreas, nomeadamente, Área Comercial (Vendas) e APV. A atividade das vendas, está estritamente relacionada com o comércio do produto final de viatura novas ou seminovas (*MB Certified*).

A área APV dedica-se à reparação de viaturas a nível mecânico e estrutural (chaparia) e à pintura.

Os tipos de viaturas comercializadas e reparadas são segmentados da seguinte forma:

- Veículo Ligeiros de Passageiros (VLP);
- Veículos Comerciais Ligeiros (VCL);
- Veículos Comerciais Pesados (VCP).

A segmentação das gamas de viaturas permite um melhor escalonamento das operações, garantindo uma distribuição adequada dos departamentos da empresa.

A Área Comercial da filial da Carclasse em Lisboa encontra-se estruturada segundo o diagrama da Figura 3-3.

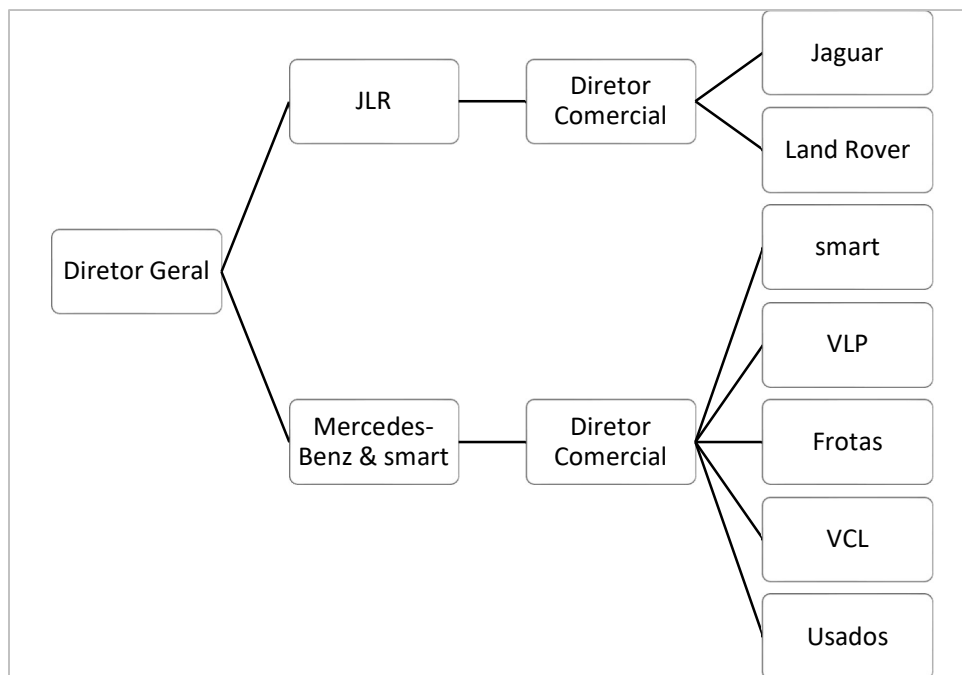


Figura 3-3 - Organograma departamental da parte comercial

A Figura 3-4 representa a estrutura organizacional APV da Carclasse S.A.

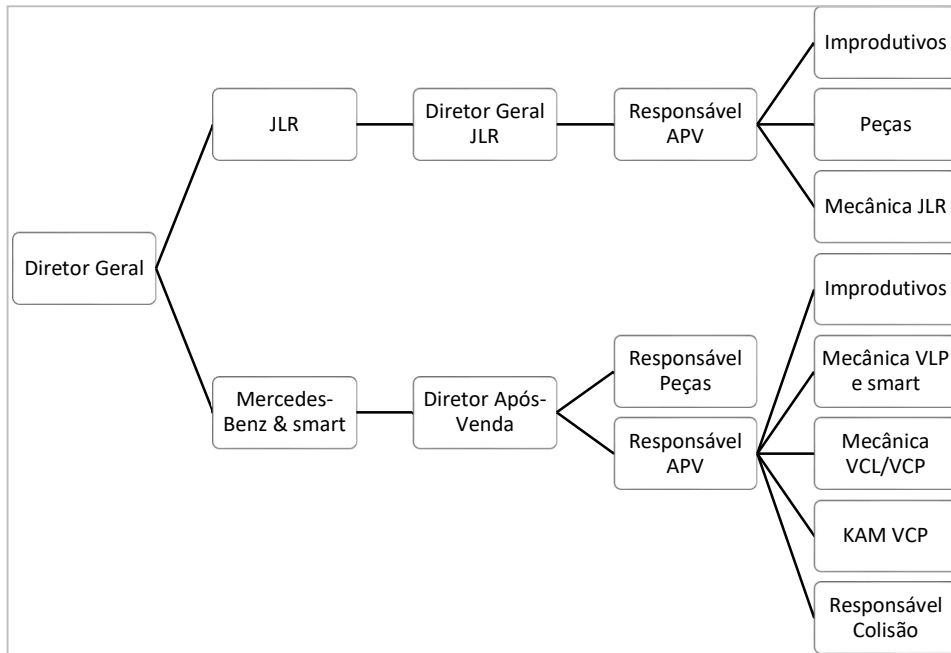


Figura 3-4 - Organograma departamental da parte APV

A presente dissertação irá incidir na área APV, mais concretamente no departamento de Colisão, que se revela transversal às marcas MB, SMT, J, LR e TSL. À data do presente trabalho, o departamento de Colisão era constituído por 30 funcionários na delegação de Lisboa, estando os mesmos dispostos de acordo com a hierarquia da Figura 3-5.

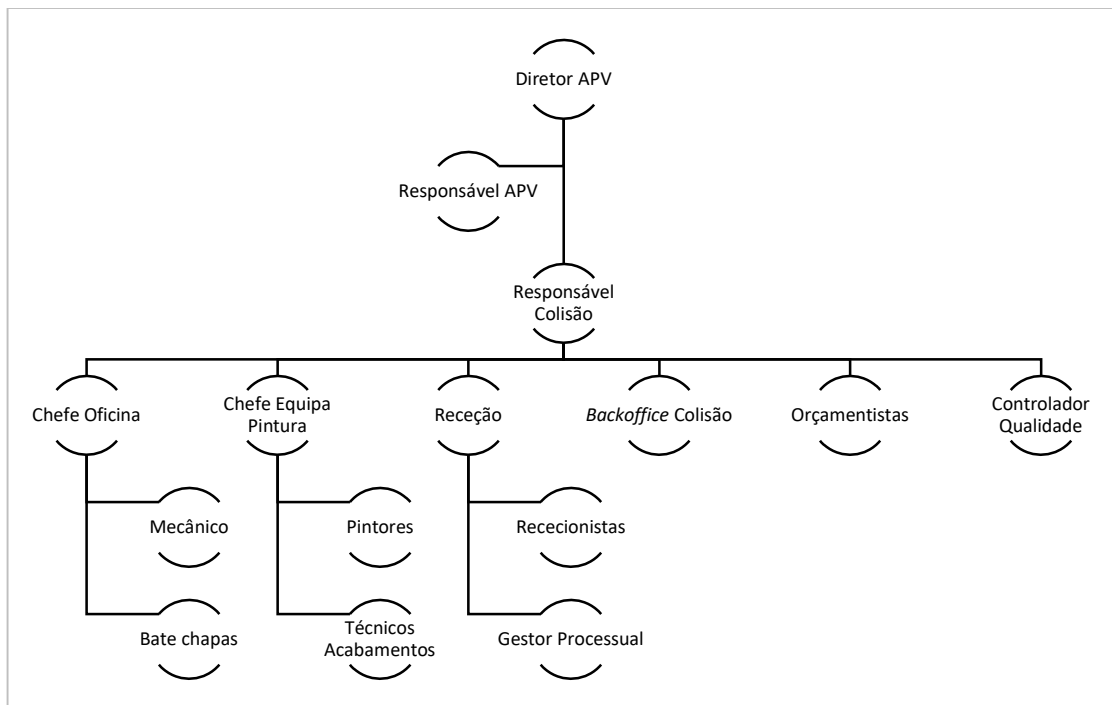


Figura 3-5 - Organograma departamental da parte de Colisão de Lisboa

3.2 Caracterização da Oficina Colisão

A oficina do departamento de Colisão da filial de Lisboa, presta serviços de reparação de viaturas sinistradas, tendo como principal objetivo a reposição das condições iniciais da viatura antes da ocorrência do sinistro.

A oficina encontra-se distribuída em três grandes secções produtivas distintas, nomeadamente secções de: Mecânica; Chapa e Pintura e numa secção de Controlo de Qualidade, considerada como improdutivo. Nestas secções são realizadas atividades de valor acrescentado, que se encontram sujeitas aos rigorosos padrões de qualidade, no sentido de obter uma reparação em concordância com o relatório de peritagem, bem como garantir a satisfação do cliente.

O horário de trabalho está compreendido entre as 8h00 e as 17h00, 8h por dia com 1h de pausa para almoço, durante 5 dias por semana.

Os processos de reparação necessitam, em todas as ocasiões, de passar pelas secções de Chapa e Pintura, podendo não envolver reparações de natureza mecânica.

Na secção de Chapa, são executadas tarefas de remoção, reparação e substituição de elementos da carroçaria que apresentem danos decorrentes do sinistro, tais como a substituição de uma tampa da mala ou a eliminação de folgas num para-choques.

Na secção de Pintura, são realizados trabalhos de preparação das peças para pintura, pintura em estufa e acabamentos, após conclusão da reparação.

Caso seja necessário realizar uma reparação mecânica, são executadas tarefas de reparação ou substituição de sistemas mecânicos e eletrónicos, bem como dos componentes que os constituem, como o alinhamento de direção ou substituição de amortecedores.

Na Tabela 3.1 encontram-se descrita a capacidade de mão-de-obra disponível, em cada secção produtiva da oficina de Colisão da filial de Lisboa, obtida através do cálculo do produto do número de técnicos de cada secção pelo tempo de mão-de-obra disponível, em horas.

Tabela 3.1 - Capacidade da oficina

Secção	Número de técnicos	Mão-de-obra disponível [horas]
Mecânica	2	16
Chapa	10	80
Pintura	9	72
Acabamentos	2	16
Total	23	184

O processamento de viaturas no interior do servidor; é sequencial, contendo as seguintes fases: Reparação Mecânica (caso seja necessário); Desmontagem; Preparação de Pintura; Pintura de Estufa; Montagem; Lavagem; Acabamentos e Controlo de Qualidade (CQ). Estas fases e os recursos afetos às mesmas, encontram-se representadas na Tabela 3.2, sendo que cada técnico apenas trabalha uma viatura de cada vez no seu posto de trabalho.

Tabela 3.2 - Sequência processo reparação

Fase do processo	Designação	Secção	Nº técnicos disponíveis
1	Reparação Mecânica	Mecânica	2
2	Desmontagem	Chapa	10
3	Preparação Pintura	Pintura	6
4	Pintura	Pintura	3
5	Montagem	Chapa	10
6	Lavagem	Lavagem	-
7	Acabamentos	Pintura	2
8	Controlo de qualidade	Controlo Qualidade	1

A secção de CQ acaba por ser a única que não tem um posto de trabalho designado para o efeito, estando sujeito ao local onde a viatura se encontra estacionada no parque.

Na Figura 3-6 encontra-se representado o *layout* oficial do Departamento de Colisão da filial de Lisboa, que contém a representação das secções de Mecânica, Chapa (incluindo a baía de soldadura de alumínio) e Pintura (baías de preparação, estufas e zona de acabamentos), bem como a área de *backoffice* (gabinetes) onde se encontram: o responsável do departamento; o gestor processual; o controlador de qualidade e os orçamentistas.

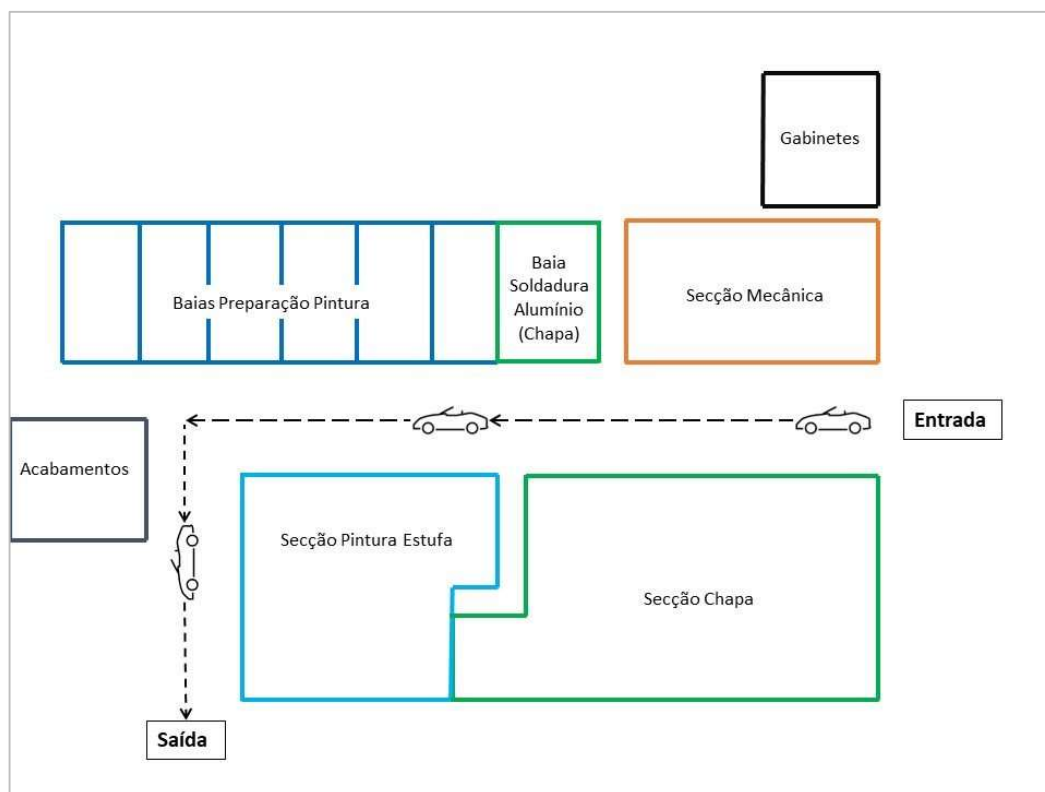


Figura 3-6 - *Layout* da oficina de Colisão

A Figura 3-6 não se encontra à escala, no entanto, permite auxiliar na compreensão das movimentações das viaturas durante a reparação, que ocorrem desde a entrada para a oficina, às movimentações entre secções e estacionamento no parque exterior.

3.3 Fluxo de processamento de viaturas em oficina

No presente subcapítulo é efetuada uma breve descrição do fluxo das viaturas no servidor, e das suas principais secções: peritagem; orçamentação; trabalhos mecânicos e bate-chapa; pintura; lavagem; acabamentos; controlo de qualidade e entrega ao cliente.

A maioria das intervenções realizadas no Departamento de Colisão da filial da Carclasse, encontram-se ao abrigo da companhia de seguros do cliente, que mediante o enquadramento do sinistro, cobrirá a totalidade; ou apenas parte do valor da reparação.

Neste departamento, existe a possibilidade de as intervenções possuírem caráter de diagnóstico, reparação ou substituição. A intervenção de diagnóstico, tem como objetivo a averiguação e orçamentação dos danos da viatura. As reparações ocorrem mediante possibilidade da recuperação das características estéticas e funcionais do componente danificado. No caso das substituições, estas são realizadas na impossibilidade de recuperação de componentes.

A primeira fase do fluxo de processamento, ocorre antes de as viaturas entrarem em processamento na oficina quando estas são submetidas ao processo de Peritagem, que consiste na identificação de danos resultantes do sinistro. Após Peritagem, é realizado o processo de Orçamentação, a fim de estimar a duração e custo total da intervenção.

O orçamento elaborado é então alvo de análise por parte da companhia de seguros do cliente ou do próprio, caso se trate de um orçamento particular, e em caso de aprovação é efetuada a encomenda do material necessário à reparação, pelo que assim que o mesmo se encontre disponível em *stock* no armazém de peças, é realizado o agendamento da reparação de acordo com a disponibilidade da oficina.

3.3.1 Peritagem

A fase de Peritagem consiste na avaliação dos danos decorrentes do sinistro em que a viatura esteve envolvida, sendo realizada pelo perito da companhia de seguros do cliente em conjunto com o orçamentista da Carclasse. Após análise de ambas as partes é elaborado um orçamento consensual entre as duas entidades, para a reparação do automóvel.

Esta avaliação serve como premissa para a elaboração do relatório de peritagem e consequente orçamentação.

Caso a viatura tenha sofrido danos que impossibilitem a sua circulação na via pública, a mesma é considerada como imobilizada e fica armazenada no parque da Carclasse, a aguardar a chegada de peças para reparação. No entanto, se a viatura puder circular com os danos que sofreu, o cliente recolhe-a aquando da conclusão da peritagem e regressa apenas na data agendada para a reparação.

3.3.2 Orçamentação

Após conclusão da peritagem, é elaborado um orçamento de reparação. Este orçamento é efetuado através da identificação dos componentes de substituição e estimativa dos tempos de mão-de-obra, nas secções de chapa e pintura, necessários para reparação total da viatura, sendo que, para tal, é utilizado um *software* apropriado para o efeito, neste caso, o *software* AUDATEX.

Os dados da viatura são inseridos no AUDATEX e este devolve a listagem de todos os componentes da mesma, sendo necessário identificar as peças danificadas e se serão reparadas ou substituídas.

Nos casos em que os componentes possam ser reparados, o orçamentista efetua uma estimativa dos tempos de mão-de-obra para o efeito. No entanto, se for necessário proceder à substituição e/ou reparação de um ou mais componentes, recorre-se ao *software* AUDATEX, para estimar os tempos de mão-de-obra e gerar os custos e prazos de entrega da encomenda.

A companhia de seguros tem um papel fundamental nesta fase, na medida em que, se a intervenção for autorizada aquando da peritagem, o processo é dado como definitivo, sendo possível efetuar a encomenda de todos os componentes, e posteriormente, agendar a data de reparação com o cliente, mediante a disponibilidade do mesmo e da agenda da oficina. No entanto, se não existir autorização da companhia, o processo fica em estado condicional e não existe pedido de peças ou agendamento, até que a companhia de seguros tome uma decisão e considere o processo como definitivo.

3.3.3 Reparação

No departamento de Colisão existem diversos tipos de intervenções decorrentes de sinistros, que são passíveis de ser executadas na vasta gama de modelos de cada marca automóvel das quais a Carclasse é reparadora autorizada, existindo uma grande variabilidade de tempos de reparação por processo, dependendo do modelo do automóvel.

Neste âmbito, realizou-se uma amostra aleatória durante o mesmo período considerado para a análise de reclamações (01 janeiro de 2022 até 31 de maio de 2022), tendo sido obtida uma dimensão de amostra de 218 reparações, durante o período de observação.

Os tipos de reparação com maior número de observações, por modelo de viatura na oficina de Colisão da Carclasse, encontram-se representados na Tabela 3.3. No entanto,

de modo a simplificar a representação, apresentam-se apenas os três casos com maior incidência em cada estudo.

Tabela 3.3 - Tipo de reparação com maior incidência por modelo

Tipo Reparação	Modelo	Nº Observações
Substituição de para-choques traseiro	MB Classe A	16
	MB Classe C	11
	MB Classe E	5
Substituição de para-choques dianteiro	MB Classe A	12
	MB CLA	7
	MB Classe E	7
Substituição da tampa da mala e para-choques traseiro	LR Evoque	5
	MB Classe C	4
	MB Classe A	2

3.3.4 Processo Produtivo

Apenas após cumprimento das etapas mencionadas anteriormente, é possível dar início ao processo produtivo na oficina.

A viatura dá entrada na oficina, na data e hora agendadas previamente, seguindo para o processo de desmontagem das peças definidas no relatório de peritagem, na secção de Chapa.

No caso de ser necessário efetuar reparações de cariz mecânico, a viatura segue para a secção de Mecânica para ser reparada, pelo que após conclusão segue para a secção de Pintura para ser efetuada a preparação de pintura. Caso contrário, segue diretamente para a zona das baias de preparação de pintura.

Em seguida é realizada a pintura dos componentes por parte de um pintor, já na estufa de pintura. Concluída esta fase, a viatura segue novamente para a secção de Chapa, de modo a serem efetuadas as montagens necessárias.

A fase seguinte consiste na lavagem exterior da viatura no túnel de lavagem e aspiração do interior, na área designada para a Lavagem.

Após conclusão da lavagem da viatura, a mesma segue para a zona de acabamentos para os ajustes finais.

O Controlo de Qualidade sucede à fase de acabamentos, definindo a conformidade ou não da viatura, para ser efetuada a entrega da mesma ao cliente. Caso se verifique

conformidade da reparação, a viatura é dada como pronta. No entanto, se a reparação for declarada como não conforme, é dado início ao processo de retrabalho.

O fluxo de processamento de viaturas em oficina enunciado, ocorre de acordo com o fluxograma ilustrado na Figura 3-7.

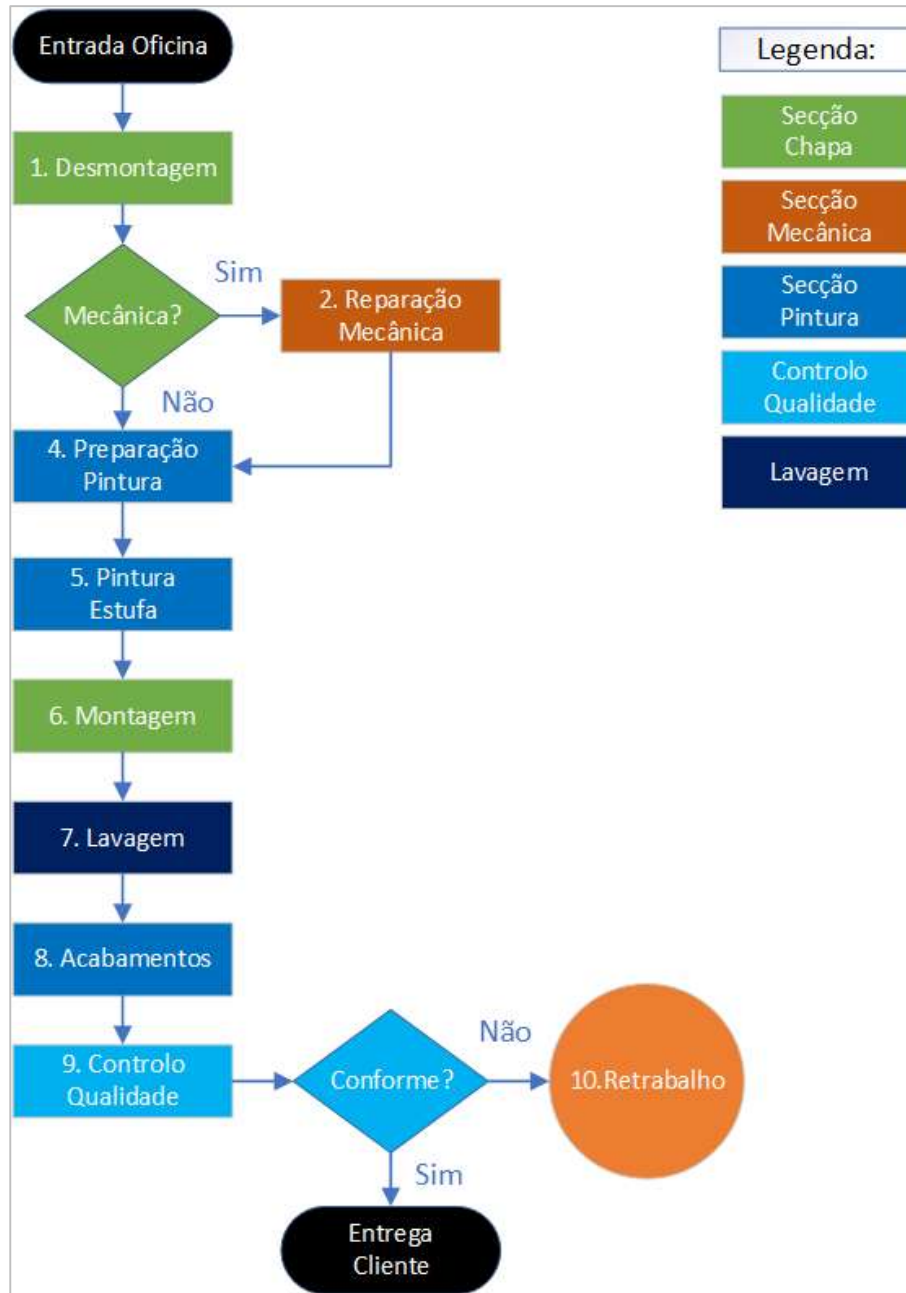


Figura 3-7 - Fluxo de processamento atual da Oficina de Colisão

3.3.5 Controlo Qualidade

O Controlo de Qualidade representa uma das atividades chave do processo produtivo, dado que garante a correta encomenda das peças necessárias para a reparação, efetua o agendamento, de acordo com a disponibilidade da oficina, e previne a entrega de produto não-conforme ao cliente final. O fluxo do CQ encontra-se ilustrado no fluxograma da Figura 3-8.

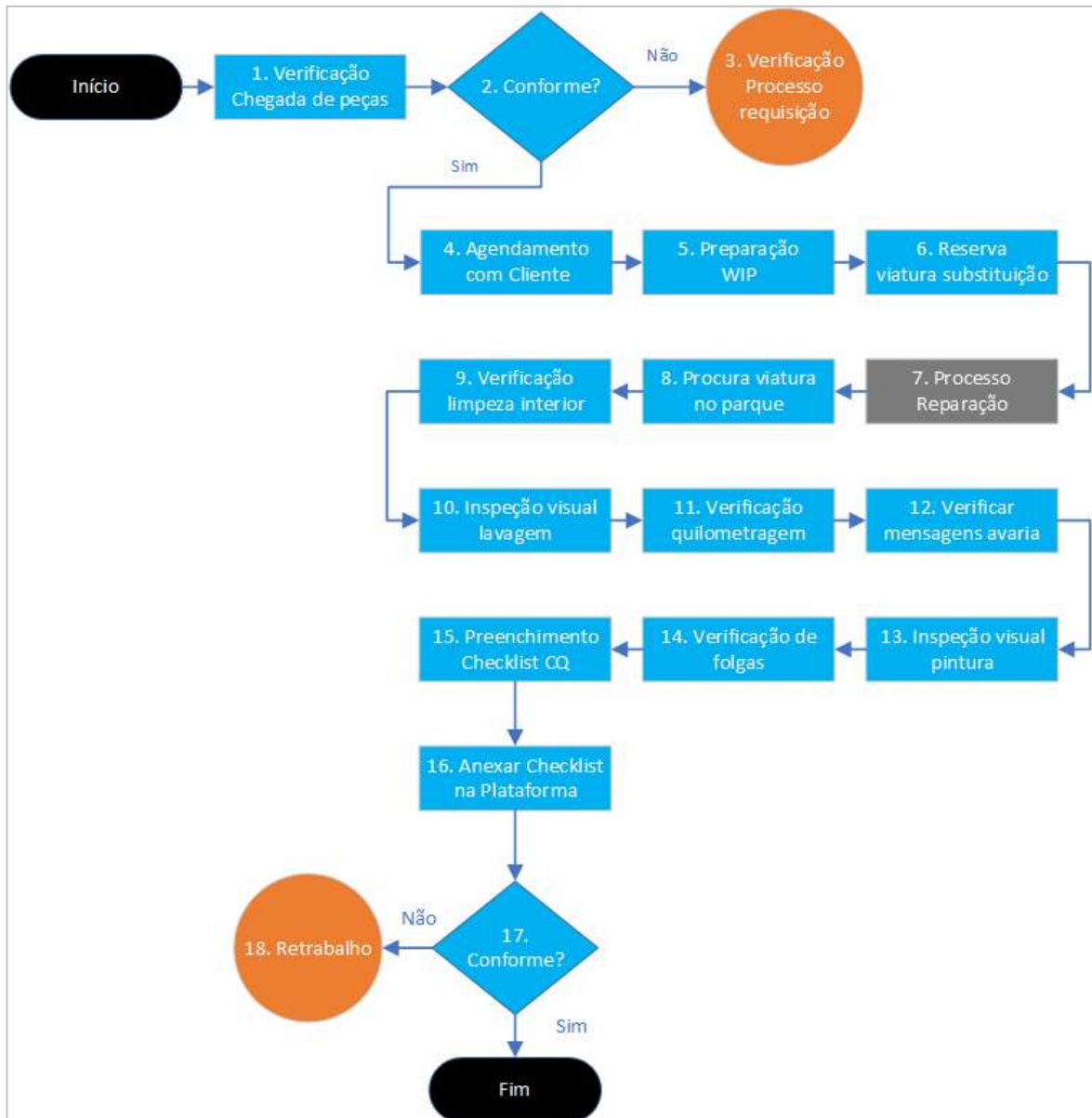


Figura 3-8 - Fluxo do CQ atual

O fluxo do CQ, consiste na conferência das peças a substituir e/ou reparar, identificadas no relatório de peritagem com a ordem de reparação, ou *Work in Progress* (WIP), aberta em sistema, de modo a garantir a correta encomenda e chegada das mesmas.

Após chegada das peças corretas, é efetuado o agendamento com o cliente mediante a disponibilidade do próprio e da oficina, havendo necessidade de reserva de viatura de substituição e consequente preparação do WIP, para ser dado seguimento pelos técnicos.

A segunda fase de intervenção do controlador de qualidade, acontece após conclusão do processo de reparação. Nesta fase, é efetuada uma inspeção detalhada à viatura, de modo a verificar a concordância da reparação com os requisitos definidos pela Carclasse e pelas marcas, garantindo assim a qualidade do processo.

Após vistoria, é preenchida uma *checklist* por meio informático, no posto de trabalho do controlador, e submetida na plataforma interna.

Caso não existam não-conformidades, a viatura é dada como pronta para entrega ao cliente, caso contrário, são anotadas as inconformidades e a viatura segue novamente para oficina para correção das mesmas.

3.4 Caracterização do problema industrial

O presente estudo recai sobre a necessidade industrial, identificada no quotidiano operacional da oficina do departamento de Colisão da filial Carclasse de Lisboa, através da observação *in loco* dos processos oficinais e da análise de reclamações precedentes com maior incidência, registadas na plataforma de gestão de reclamações da Carclasse.

Neste enquadramento, verificaram-se oportunidades de melhoria a nível da otimização do processo de controlo de qualidade e da orientação do processo produtivo para o *Lean Thinking*, de modo a reduzir desperdícios e garantir melhorias a nível da organização e limpeza das estações de trabalho, bem como da otimização de processos.

3.5 Análise de reclamações de clientes

As reclamações precedentes, constituem casos em que, de facto, se verificam situações passíveis de melhoria por parte da Carclasse, dado que originam insatisfação justificada no cliente relativamente ao serviço prestado, pelo que, carecem de uma análise detalhada a nível da identificação da causa raiz e tomada de ações de correção e corretivas. Desta forma, a Carclasse adota uma política de melhoria contínua para a permanente melhoria dos serviços que presta, de modo a garantir a satisfação do cliente.

Neste sentido, analisaram-se as reclamações aceites destinadas ao departamento de Colisão, desde 01 janeiro de 2022 até 30 de junho de 2022, dado que representam as insatisfações mais recentes, cuja necessidade de melhoria se torna mais premente e determinante para o futuro operacional da oficina.

No período mencionado, foram registadas 1.766 entradas de viaturas no Departamento de Colisão. Contudo, registaram-se reclamações por parte dos clientes relativamente ao serviço prestado, sendo que 2% das entradas representam uma insatisfação aceite, ou seja, resultam de falhas do processo produtivo. As causas raiz com maior ocorrência foram obtidas através da extração de dados da plataforma interna de gestão de reclamações da Carclasse, encontrando-se representadas na Figura 3-9.

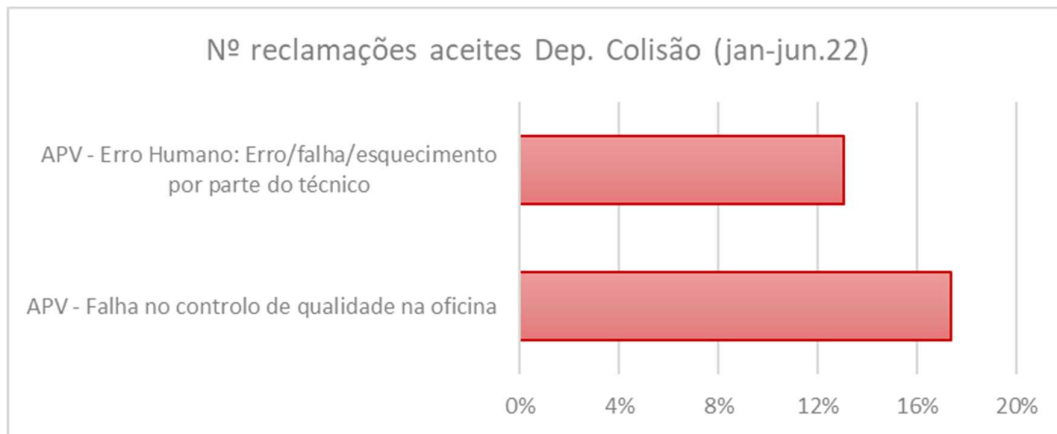


Figura 3-9 - Gráfico de reclamações aceites registadas Dep. Colisão

Após análise dos dados obtidos, conclui-se que as falhas com maior incidência têm origem no controlo de qualidade das reparações e nos erros, falhas ou esquecimentos dos técnicos, o que vem salientar as necessidades de atuação nestas áreas, planeando ações de melhoria com base nas ferramentas de apoio ao *Lean*, para obter resultados mais benéficos para a empresa e reduzir a taxa de reclamações.

Desta forma, torna-se necessário adotar estratégias *Lean* para otimização do CQ, no sentido de diminuir a taxa de insucesso e garantir a adequabilidade e eficácia do mesmo, bem como a implementação de estratégias que promovam a eficiência dos técnicos e que reduzam os desperdícios associados aos processos que executam.

Com esta análise, torna-se importante clarificar e resumir quais os problemas de maior relevo, as respetivas consequências e os consequentes resultados, no sentido de atuar sobre as fontes de desperdício.

Os pontos identificados encontram-se resumidos na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Síntese lacunas identificadas

Lacunas identificadas	Consequência	Desperdícios
Falta de monitorização/orientação para os processos em cada secção	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalhos não conformes; - Retornos à oficina; - Fluxo de informação deficiente; - Capacidade e qualidade de resposta reduzida para com o cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Retrabalho/Defeitos; - Espera; - Sobreprocessamento.
Excesso de fontes de desperdício (<i>Muda</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa produtividade dos operadores; - Não conformidades no serviço; - Insatisfação do cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Retrabalho/Defeitos; - Espera; - Desperdício de talentos; - Movimentação; - Sobreprocessamento.
Falta informação da localização da viatura em parque	<ul style="list-style-type: none"> - Tempos e deslocamentos elevados despendidos na procura de viaturas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desperdício de talentos; - Espera; - Movimentação.
Ausência de secção de planeamento	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de capacidade de resposta a entradas não planeadas; - Dificuldade na resposta a atrasos de reparações; - Desconhecimento da capacidade da oficina; - Ausência de medição e controlo estatístico dos processos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Retrabalho/Defeitos; - Desperdício de talentos; - Sobreprocessamento.

Os dados da Tabela 3.4 permitem concluir que, os desperdícios críticos a ter em conta na análise de resultados e monitorização dos processos, são o Retrabalho e a Espera.

4 Simulação de processos – Estado Atual

Neste capítulo, encontra-se descrita a forma de obtenção do modelo do estudo de simulação do estado atual da oficina, com base no fluxo da cadeia de valor, na tipologia de reparações e restrições da oficina do Departamento de Colisão.

O presente estudo de simulação, visa a reprodução do comportamento dinâmico do sistema real, através do *software* ARENA. Este *software* de simulação permite executar com rapidez, a modelação gráfica e animação de sistemas, com base nos princípios da programação orientada para objetos e da modelação hierárquica. A ideia chave por detrás da conceção do *software* ARENA, consiste na construção de modelos “à medida” para uma área de aplicação específica, de um qualquer setor de negócio. (Hammann & Markovitch, 1995).

As diversas ferramentas gráficas e animações deste *software* de simulação, facilitam a compreensão dos resultados obtidos e posterior avaliação e validação do modelo simulado.

4.1 Fase de Modelação Estrutural de Processos

Um estudo de simulação, como condição necessária, requer que sejam assumidos um conjunto de pressupostos e simplificações acerca do funcionamento do sistema, que permitam que seja possível desenvolver um modelo válido e suficientemente complexo, para atingir o objetivo definido.

4.1.1 Pressupostos de modelação

Os pressupostos e simplificações base considerados para a modelação do sistema produtivo em estudo, encontram-se listados abaixo:

- i. O sistema funciona durante 8 horas diárias, sendo que os trabalhos interrompidos ao final do dia de trabalho, são retomados no dia seguinte;
- ii. As viaturas dão entrada diariamente, ao longo do tempo de funcionamento do sistema;
- iii. O tempo associado à pausa para almoço é considerado nulo, dado que os trabalhos interrompidos são retomados no mesmo estado, pelo mesmo técnico;
- iv. O tempo de movimentação de viaturas entre postos de trabalho é nulo;

- v. Um técnico apenas trabalha uma viatura de cada vez;
- vi. As tarefas em cada posto de trabalho são indivisíveis, ou seja, são executadas até ao fim;
- vii. Em caso de retrabalho, a viatura deverá novamente dar entrada na cadeia produtiva com prioridade elevada;
- viii. O técnico que efetuou o processo de desmontagem, preferencialmente deverá realizar os processos de montagem e retrabalho;
- ix. O controlador de qualidade acumula outras funções, pelo que, não se encontra sempre disponível para efetuar o controlo de qualidade. Desta forma, para efeitos de simulação, assume-se que apenas desempenha a tarefa de Controlo de Qualidade.

4.1.2 Modelo de Simulação de Processos

Através dos pressupostos enunciados, foi elaborado um modelo lógico das várias fases do processo produtivo, ou seja, o modelo estrutural. Este modelo foi desenvolvido com base num modelo conceptual, que auxilia na definição do processo sequencial e períodos de espera inerentes.

Neste sentido, foi necessário modelar os processos de modo, que se encontravam fiéis à realidade operacional, pelo que se tornou necessário incluir as restrições operacionais no modelo de simulação.

Como nem todas as viaturas que dão entrada no Departamento de Colisão são submetidas a intervenções de cariz mecânico, determinou-se a taxa de necessidade de reparação mecânica, através dos dados disponíveis no *Data Management System* (DMS) da empresa. Neste caso, recorrendo ao histórico disponível, verificou-se que das 10.107 viaturas reparadas no Departamento de Colisão, 2.154 foram intervencionadas na área de reparações mecânicas, o que corresponde a uma taxa de 21%. A taxa obtida foi tomada em consideração no modelo de simulação, de modo à obtenção do correto fluxo de processamento, e conseqüente taxa de ocupação correta, para cada posto de trabalho de cada estação.

Relativamente ao CQ, com base no período de recolha de dados do arquivo da plataforma de registo dos controlos de qualidade efetuados, verificou-se que 11% das reparações não foram aprovadas pelo controlador de qualidade, tendo originado situações de *rework*. Nas reparações identificadas como não-conformes, através do levantamento

de dados efetuado, observou-se que 52% das não-conformidades seriam originárias da secção de Chapa, 33% da secção de Pintura e 15% da secção de Mecânica.

Nestes casos, a viatura terá de regressar à oficina com uma prioridade superior em relação às restantes, de modo a efetuar a correção das inconformidades com maior urgência, para que o cliente receba a sua viatura com a maior celeridade possível, minimizando a insatisfação gerada.

O modelo conceptual para o caso em estudo, corresponde ao fluxograma apresentado na Figura 3-7 (ver subsecção 3.3.4), sendo apenas necessário traduzir o modelo para o *software* ARENA. O modelo estrutural encontra-se representado por secções e por linha de operação, devido à sua dimensão, pelo que, todas as linhas produtivas da mesma secção operam da mesma forma e sob as mesmas condições, nomeadamente horário de operação, número de técnicos disponíveis e entidades a trabalhar.

Para a correta representação dos processos, recorreu-se à seleção da ação lógica *seize-delay-release*, em que: cada entidade aguarda numa fila de espera, enquanto o operador/recurso estiver ocupado; depois ocupa (*seize*) o recurso durante um determinado intervalo tempo (*delay*); findo o qual liberta (*release*) esse recurso, para que outra entidade que esteja na fila de espera possa novamente ocupá-lo. Este encadeamento foi reproduzido em todas as secções do modelo, visto ser a ideia base do processamento do sistema.

Na Figura 4-1 encontra-se representada a primeira fase do modelo, que contém a representação da entrada de entidades (viaturas) a processar no servidor, sendo gerida pelo módulo *Create* “Entradas”, onde se encontra inserida a distribuição que modela o padrão de entradas de viaturas em oficina.

O módulo *Assign* “Estado inicial” confere à entidade um atributo de “viatura não-reparada” que corresponde ao valor 1, no sentido de diferenciar o estado da viatura à entrada para determinadas secções. Nesta ilustração é ainda incluída a secção de “Mecânica”, onde à entrada existe um módulo *Decide* “Mecanica?” que encaminha a entidade para esta secção com uma probabilidade de 21%, de acordo com o levantamento efetuado. Esta probabilidade corresponde à proporção de viaturas que, ao entrar no Departamento de Colisão, são encaminhadas para reparação de carácter mecânico.

Caso a viatura seja encaminhada para a Mecânica, irá passar por um módulo *Enter* “Enter Mecanica”, para dar entrada nesta secção e conseqüentemente colocar-se em fila de espera no módulo *Seize* “Seize Fila Mec”, que faz uso de um operador fictício para gerir a fila, sendo que de seguida entra no módulo *Pickstation* “Pickstation Mec”, para

ser distribuída para um dos postos de trabalho (PT), que se encontre livre para o técnico trabalhar na viatura. No entanto, primeiro deverá atravessar o módulo *Decide* “Retrabalho_Mec? 1”, de modo a existir distinção entre retrabalhos e primeiras reparações. Assim, caso a viatura esteja a passar por esta estação pela primeira vez, ou seja, quando o valor de “Estado” é igual a 1 dará entrada no módulo *Process* “Rep_Mecanica_i”, caso contrário será encaminhada para o processo destinado ao retrabalho “Rep_Mecanica_i.1”.

Caso a entidade se encontre identificada como não-conforme, após verificação de qualidade na secção de CQ, no módulo *Decide* “Retrabalho? Mec_i”, seguirá o caminho até ao *Process* “Rep_Mecanica_i.1”.

Após conclusão de qualquer trabalho, a entidade passa pelo módulo *Release* “Release_Mec_i” para sair da fila de processamento, e consequentemente, pelo módulo *Leave* “Leave_Mec_i”. No entanto, ao sair da estação, a entidade é verificada quanto ao valor do atributo “Estado”, pelo módulo *Decide* “Retrabalho_Mec_i”, pelo que, nos casos de primeira reparação (“Estado”=1) seguirá para a secção de Chapa, e nos casos de retrabalho (“Estado”=3) será encaminhada para a secção de CQ.

Nos módulos mencionados, o valor de i varia entre 1 e 2, de acordo com o número de PT da secção de Mecânica.

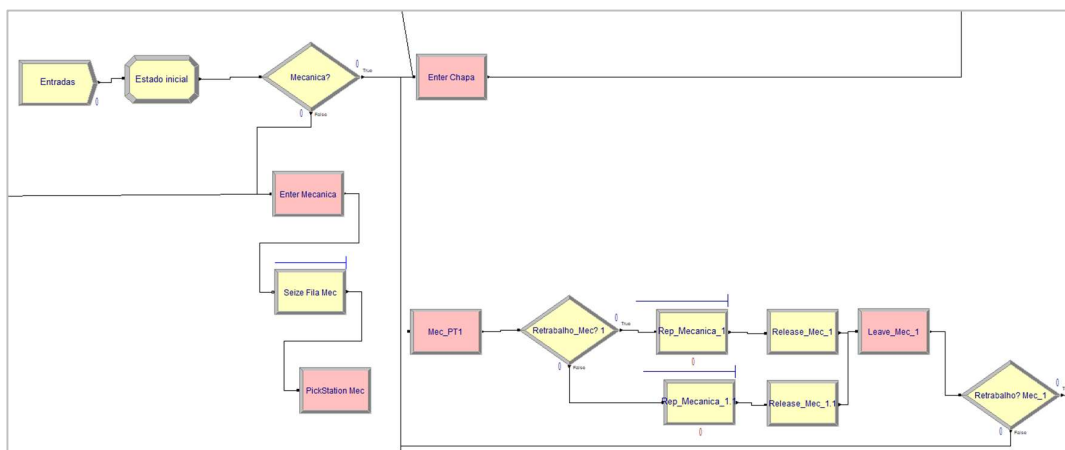


Figura 4-1 – Modelo de Simulação: Entradas e Secção Mecânica (ARENA)

A Figura 4-2 contém a segunda fase do modelo que consiste no processamento de viaturas na secção de Chapa, que inicia num módulo *Enter* “Enter Chapa”, à semelhança da secção anterior, e de seguida a entidade segue para o módulo *Seize* “Seize Fila Chapa”. Ao encontrar-se na fila de espera, é encaminhada para o módulo *Pickstation* “Pickstation Chapa”, para ser distribuída para um dos PT da secção de chapa que se encontre livre, e que se encontram definidos como um módulo *Enter* “Chapa_PT*i*”.

Em seguida a viatura entra no módulo *Decide* “Desmontagem ou Montagem? i”, onde é efetuada a triagem, de acordo com o valor do atributo da entidade. Num caso em que a viatura ainda não tenha estado nesta estação, deverá conter o atributo “Estado” igual a 1, sendo encaminhada para o *Process* “Desmontagem_i” e de seguida para o módulo *Assign* “Desmontado_i”, que lhe confere o valor numérico 2, o qual equivale ao estado pós-desmontagem, e por fim, atravessa os módulos *Release* “Release_Desmontagem_i” e *Leave* “Leave_Desmontagem_i” para sair da fila de processamento e da secção de chapa, no sentido de seguir para a secção de preparação para os trabalhos de pintura.

Nos casos em que a viatura já tenha atravessado a zona de preparação de pintura e pintura de estufa, regressará novamente à secção de chapa para efetuar as montagens. Nestes casos, no módulo *Decide* “Desmontagem ou Montagem? i”, a entidade segue para o *Process* “Montagem_i”, devido ao valor do atributo ser igual a 2, em virtude de as desmontagens já terem sido concluídas. De seguida, atravessa os módulos *Release* “Release_Montagem_i” e *Leave* “Leave_Montagem_i”, para sair da fila de processamento e da secção de chapa, no sentido de seguir para o túnel de lavagem.

Em caso de retrabalho, o atributo “Estado” será igual ao valor 3, o que leva a que a entidade siga outro caminho de processamento. Deste modo, seguirá para o módulo *Process* “Desmontagem_i.1” e de seguida para o módulo *Assign* “Desmontado_i.1” que lhe confere o valor numérico 3.1 que equivale ao estado pós-desmontagem de um retrabalho. Por fim, atravessa os módulos *Release* “Release_Desmontagem_i” e *Leave* “Leave_Desmontagem_i”, para sair da fila de processamento e da secção de chapa, no sentido de seguir para as restantes etapas do processo, antes de chegar à saída do servidor.

O valor de i varia entre 1 e 10, de acordo com o número de PT disponíveis na zona de reparações de chapa.

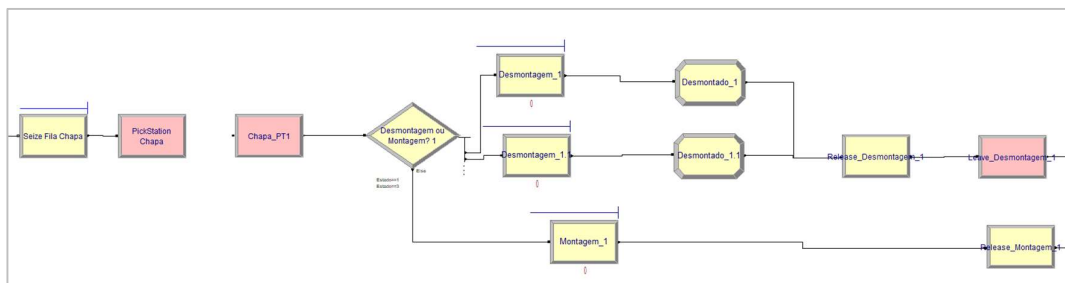


Figura 4-2 - Modelo de Simulação: Secção Chapa (ARENA)

Após saída da secção de Chapa, existe o módulo *Decide* “Retrabalho_CHP?” (Figura 4-3), onde os retrabalhos já corrigidos são encaminhados para a secção de CQ através do

valor do atributo “Estado” (3.1), e as entidades que apenas foram desmontadas (“Estado”=2) seguem para o processamento na secção de Preparação de Pintura.

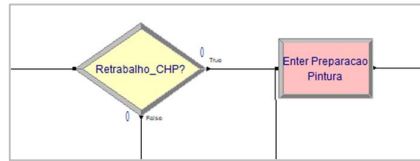


Figura 4-3 - Modelo de Simulação: Módulo *Decide* retrabalhos da Secção de Chapa

Na secção de Preparação de Pintura, à semelhança das secções anteriores, a entidade irá passar por módulos *Enter* “Enter Preparacao Pintura”, *Seize* “Seize Fila Preparacao” e *Pickstation* “PickStation Preparacao”. Após estes passos, será encaminhada para o módulo *Enter* “Preparacao_ PTi” e em consequência para o módulo *Decide* “Retrabalho_Prep? i”, onde é verificado o valor do atributo “Estado”, sendo que nos casos em que é igual a 1, a entidade segue para o módulo *Process* “Preparacao_Pintura_i”, *Release* “Release_PrepP_i” e *Leave* “Leave_PrepP_i”, para sair da fila de processamento e da secção de preparação de pintura e seguir para a zona da pintura de estufa.

Nos casos em que o valor de “Estado” é igual a 3 (retrabalhos), a entidade passará por toda a secção de Pintura (Preparação e Pintura de Estufa), seguindo para os módulos *Process* “Preparacao_Pintura_i.1”, *Release* “Release_PrepP_i.1” e *Leave* “Leave_PrepP_i”, seguindo para a zona de pintura de estufa, para dar seguimento ao retrabalho em curso.

O valor de i varia entre 1 e 6, de acordo com o número de PT disponíveis na zona de preparação para pintura.

O fluxo estrutural modelado para esta secção encontra-se representado na Figura 4-4

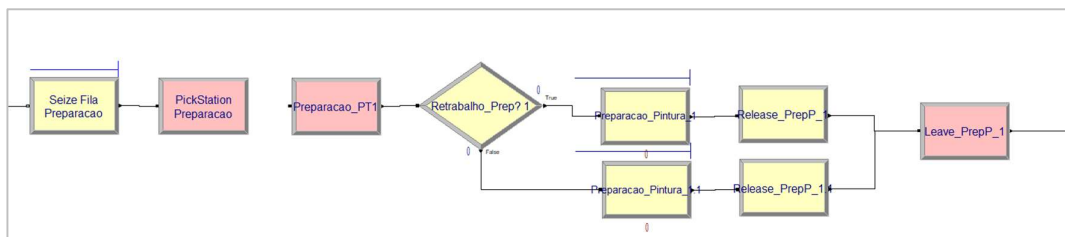


Figura 4-4 - Modelo de Simulação: Secção Preparação Pintura (ARENA)

Na secção de Pintura de Estufa, a entidade irá inicialmente dar entrada nos módulos *Enter* “Enter Pintura”, *Seize* “Seize Pintura” e *Pickstation* “PickStation Pintura”. Neste seguimento, a entidade atravessará os módulos *Enter* “Estufa i” e de seguida o módulo *Decide* “Retrabalho_Pint? i”, para distinguir os retrabalhos do pintor. Nos casos em que o valor de “Estado” é igual a 2, a entidade segue para os módulos *Process* “Pintura_i”,

Release “Release_Pint_i” e *Leave* “Leave_Estufa_i”. Caso o valor de “Estado” seja igual a 3 (retrabalhos), a entidade passa pelos módulos *Process* “Pintura_i.1”, *Release* “Release_Pint_i.1” e *Leave* “Leave_Estufa_i”.

No caso dos retrabalhos da secção de Pintura, a entidade já sofreu um novo processamento na secção de Preparação de Pintura e na zona de Pintura de Estufa, no entanto, pelo atributo “Estado” da entidade ser igual a 3 fará com que, no módulo *Decide* “Retrabalho? Pintura_i”, a mesma siga no sentido da secção de Acabamentos, e que passe novamente pelo processo de CQ antes da saída do servidor, já com as anomalias corrigidas. As entidades com o valor de “Estado” igual a 2 seguirão para a secção de Chapa para serem realizados os trabalhos de montagem de componentes.

O valor de *i* varia entre 1 e 3, de acordo com o número de estufas disponíveis na zona de pintura.

Os passos enunciados encontram-se representados na Figura 4-5 e na Figura 4-6.

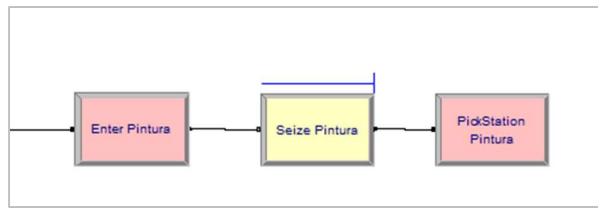


Figura 4-5 - Modelo de Simulação: Entrada Secção Pintura Estufa (ARENA)

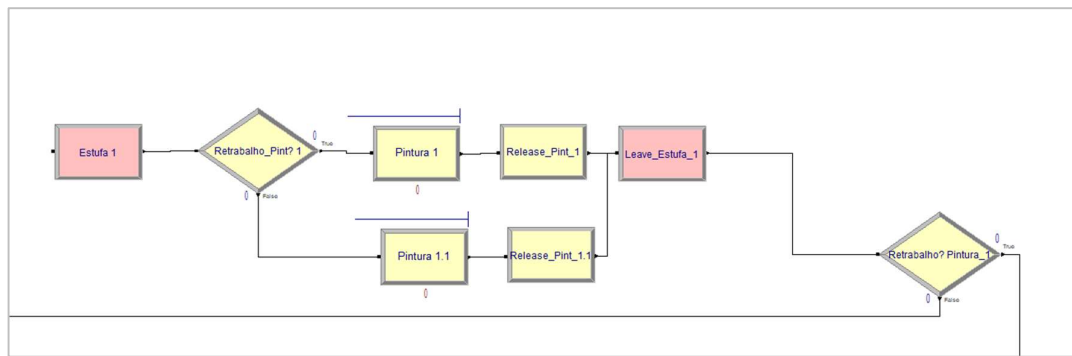


Figura 4-6 - Modelo de Simulação: Processamento e saída Secção Pintura Estufa (ARENA)

A jusante dos processos de Mecânica, Chapa e Pintura, ou seja, após montagem dos componentes, a entidade é encaminhada para as secções de Lavagem e Acabamentos.

A Lavagem consiste num encadeamento de módulos simples (Figura 4-7), visto só existir um túnel de lavagem, ou seja, apenas existe um PT. Neste caso considerou-se um módulo *Enter* “Enter Lavagem”, seguido dos módulos: *Seize* “Seize Lavagem”; *Process* “Tunel Lavagem”; *Release* “Release Lavagem” e *Leave* “Leave_Lavagem”, de modo a reproduzir a sequência de processamento nesta secção.

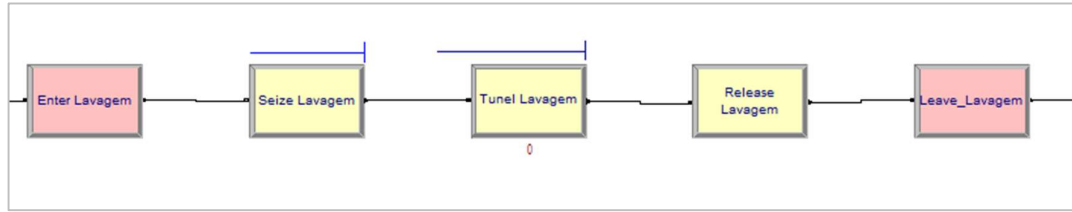


Figura 4-7 - Modelo de Simulação: Lavagem (ARENA)

Na secção de Acabamentos (Figura 4-8), o encadeamento lógico é semelhante às estações descritas anteriormente à Lavagem, na medida em que faz uso da sequência dos módulos *Enter* “Enter Acabamentos”, *Seize* “Seize Acabamentos” e *Pickstation* “PickStation Acabamentos”. De seguida, a entidade atravessa os módulos *Enter* “Acabamentos_PT*i*” e logo após os módulos, *Decide* “Retrabalho_Acaba? *i*”; *Process* “Acabamentos_ *i*”; *Release* “Release_Acabamentos_ *i*” e *Leave* “Leave_Acabamentos_ *i*”, para sair da fila de processamento e da secção, seguindo para o CQ. No caso dos retrabalhos, a entidade passa pelos módulos *Process* “Acabamentos_ *i*.1”, *Release* “Release_Acabamentos_ *i*.1” e *Leave* “Leave_Acabamentos_ *i*”.

O valor de “*i*” varia entre 1 e 2, de acordo com o número de PT disponíveis nesta secção.

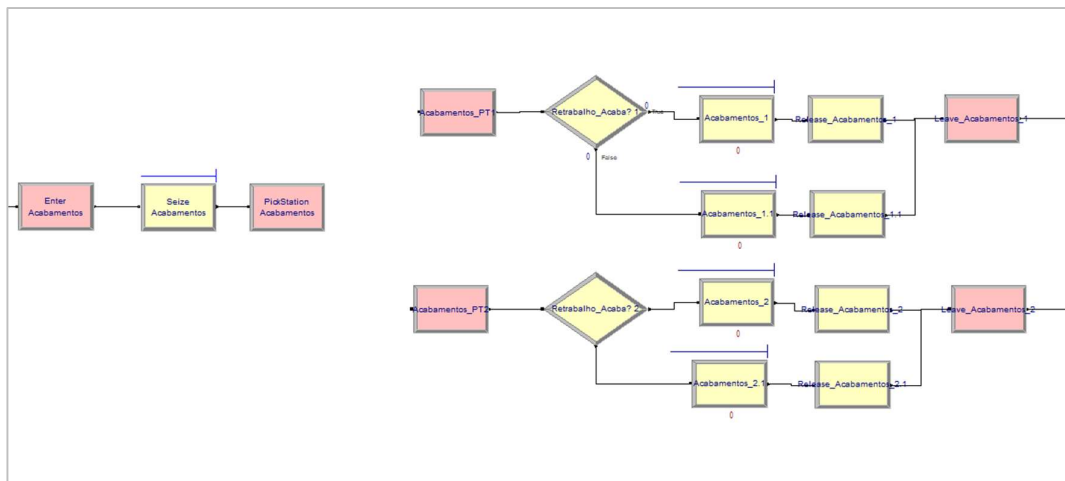


Figura 4-8 – Modelo de Simulação: Secção Acabamentos (ARENA)

No CQ, a entidade seguirá a sequência dos módulos *Enter* “Enter CQ”, *Decide* “Decide CQ”, *Process* “Controlo Q”, *Decide* “Conforme?” e *Leave* “Leave CQ”.

O módulo “Decide CQ”, com base no valor do atributo “Estado”, envia as entidades com valor de atributo igual a 2 para a verificação de qualidade (módulo “Controlo Q”) e os retrabalhos, para a saída da estação, devido às inconformidades já se encontrarem corrigidas.

No módulo “Conforme?” será considerada a probabilidade de não-conformidade, de 11%, de acordo com o estudo realizado. Esta probabilidade corresponde à proporção de viaturas que serão alvo de *rework* e que, por consequência, serão diretamente encaminhadas para a secção correspondente à natureza da não-conformidade.

O fluxo desta secção encontra-se representado na Figura 4-9

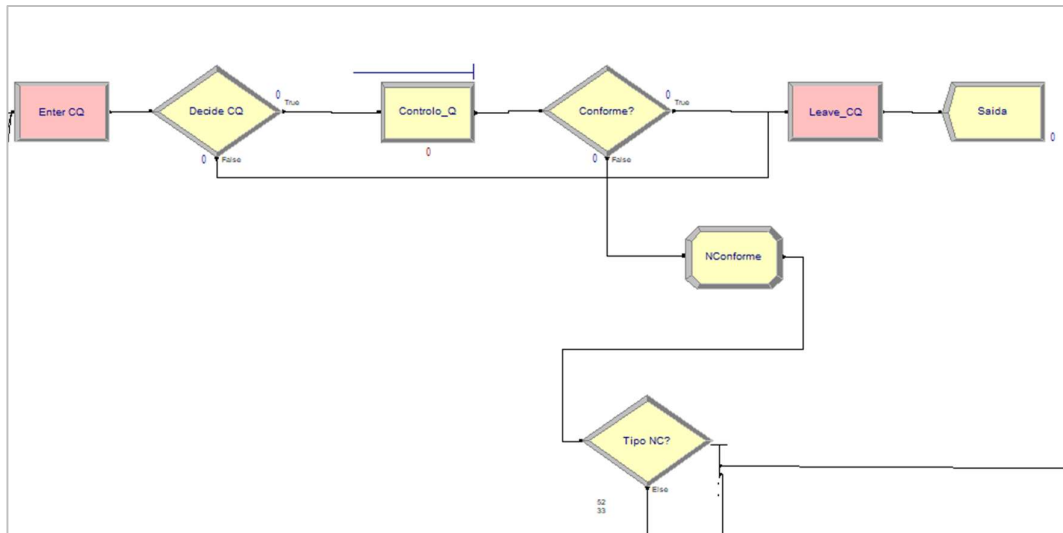


Figura 4-9 - Modelo de Simulação: CQ e Saída (ARENA)

Caso a entidade com atributo “Estado” igual a 2, seja considerada conforme, seguirá diretamente para os módulos *Leave* “Leave_CQ” e *Dispose* “Saída”, finalizando o percurso no servidor com processamento validado.

Caso a entidade seja considerada não-conforme, o valor do atributo “Estado” será alterado para o valor 3 através do módulo *Assign* “NConforme”. De seguida, a entidade irá passar pelo módulo *Decide* “Tipo NC?”, onde será determinada a natureza da não-conformidade, detetada pelo meio das percentagens de não-conformidade recolhidas para cada secção, e assim encaminhar a entidade para a secção correta, de modo a efetuar o retrabalho, conforme mencionado anteriormente para cada uma das estações de trabalho.

Após serem realizadas as correções necessárias, a viatura é considerada como pronta para entrega, e dará entrada no módulo *Dispose* “Saída” e finalizará o seu percurso no modelo de simulação, sendo considerada como processada com sucesso.

Os tempos a considerar para as distribuições que modelam os módulos *Process*, foram retirados da base de dados do DMS da empresa. No entanto, os tempos de mão-de-obra não se encontram disponíveis para todos os processos da cadeia produtiva em estudo, pelo que através da exportação destes dados apenas é possível consultar informação para os processos produtivos de Mecânica, Chapa, Preparação de Pintura e Pintura de Estufa.

Estes dados provêm do arquivo de picagens de técnicos por código de mão-de-obra designado para cada operação.

Neste enquadramento, mediante a informação disponível, procedeu-se à extração de dados pertencentes aos processos mencionados no período temporal de janeiro a julho de 2022, para posterior análise da distribuição estatística mais enquadrável para os dados em questão.

Relativamente aos processos de Acabamentos e Lavagem, devido à ausência de picagens e de códigos de mão-de-obra no DMS organizacional, utilizaram-se distribuições estatísticas com base em valores empíricos, ou seja, com base na experiência dos técnicos especializados no processo e tempos de operação mais frequentes. Assim, será possível garantir a veracidade dos dados utilizados, para a obtenção de resultados através da simulação.

O tipo de distribuição estatística utilizada para estes dois processos foi a distribuição triangular, devido à sua simplicidade e utilidade, perante problemas do quotidiano operacional, sendo apenas necessário um valor máximo, mínimo e mais provável (moda). (Karagoz & Aktas Altunay, 2015)

Contudo, no processo de CQ, optou-se pela realização de medições de tempos de operação e determinação da distribuição estatística mais enquadrável, perante os dados recolhidos, em detrimento da atribuição de uma distribuição triangular. Esta decisão prende-se com o facto do objetivo desta dissertação se encontrar relacionado com a identificação de melhorias neste processo, o que requer que o mesmo seja estudado com maior detalhe.

4.1.3 Metodologia de recolha de dados e medições do CQ atual

A atividade CQ foi alvo de maior ênfase neste estudo devido à importância que tem em toda a cadeia produtiva, e por ser a última barreira antes da entrega da viatura ao cliente, o que confere ao Controlador de Qualidade uma responsabilidade adicional na verificação do estado final da viatura. Neste âmbito, recolheram-se amostras de tempos de duração do processo de CQ, e identificaram-se as áreas chave de verificação desta atividade.

A metodologia utilizada para este efeito, consistiu na observação crítica *in loco* de processos de CQ, e posterior construção de uma tabela para recolha de tempos por secção da viatura a verificar.

A tabela utilizada contempla os seguintes pontos de verificação:

- Identificação da viatura (registo da matrícula e WIP);
- O tempo de deslocação entre o gabinete ao parque;
- O tempo em que o Controlador procura a viatura no parque;
- Verificação estado da limpeza interior;
- Verificação do painel de instrumentos;
- Verificação da qualidade da lavagem exterior;
- Verificação da existência de folgas nas peças aplicadas e cava das rodas;
- Verificação da existência de folgas nas borrachas adjacentes às peças aplicadas e da mala;
- Inspeção da pintura da zona reparada;
- Inspeção visual ao exterior da viatura para verificar existência de possíveis danos adicionais;
- Registo do CQ efetuado na plataforma da empresa;
- Observações úteis em caso de *rework* ou futuras exposições do cliente.

Nas observações efetuadas, constatou-se que, nos casos em que existiu necessidade de retrabalho, o tempo de duração do CQ foi significativamente superior aos restantes em cerca de 70%, o que despoleta um atraso na estação do CQ.

As demoras adicionais desencadeadas por viaturas que necessitem de retrabalho acabam por influenciar negativamente todo o planeamento, quer da secção de CQ como de toda a cadeia produtiva do Departamento de Colisão, dado que existirá um atraso na verificação das viaturas que necessitam de CQ e na oficina, devido à prioridade mais elevada que estas viaturas têm face às restantes, para reparação e entrega ao cliente.

4.1.4 Entidades, Recursos e Filas de Espera

No âmbito do estudo de simulação, torna-se necessário caracterizar as entidades que circulam no sistema. No caso de estudo, existe apenas um tipo de entidades, sendo este as viaturas a reparar. No *Data Module Entity* é definida a entidade “Viatura”, cuja imagem representativa é um automóvel (*Picture.Van*), conforme ilustrado na Figura 4-10

Entity - Basic Process		
	Entity Type	Initial Picture
1 ▶	Viatura	Picture.Van

Figura 4-10 - Definição da entidade (ARENA)

Ao executar a animação do modelo, é possível visualizar a entidade a percorrer as várias fases do processo produtivo, possibilitando a verificação do cumprimento das relações lógicas do modelo.

Após caracterização da entidade, definiram-se os recursos a utilizar em cada módulo representativo dos processos produtivos. Os recursos podem ser definidos como *Fixed Capacity* ou *Based on Schedule*. Um recurso do tipo *Fixed Capacity*, não varia a sua capacidade ao longo do tempo de simulação. Um recurso do tipo *Based on Schedule* pode variar a sua capacidade, de acordo com um horário definido para o tempo de simulação.

Neste modelo, optou-se por alocar recursos com capacidade fixa ou *Fixed Capacity* igual a 1, individualmente a cada módulo *process*, ou seja, um recurso por cada posto de trabalho, para uma simulação mais fiel à realidade produtiva. Desta forma, todos os recursos são do tipo *Fixed Capacity*, pois considera-se que a oficina opera continuamente ao longo do horário de trabalho e que a capacidade de cada recurso se mantém inalterada ao longo da simulação. Cada recurso está programado para uma ocupação de 8 horas, correspondentes ao horário de trabalho diário da oficina, no campo *Busy / Hour*. A definição de um dia de trabalho com 8 horas, foi considerada na determinação dos parâmetros da duração da simulação, no sentido de garantir a veracidade do modelo simulado.

O modelo simulado faz uso de 31 recursos, no entanto, 6 destes são de operadores de fila única fictícios (Figura 4-11), cuja função passa por simular filas de espera à entrada de cada estação de trabalho, e garantir a correta distribuição das entidades ao longo da cadeia produtiva.

Resource - Basic Process						
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use
1	BateChapas 1	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
2	BateChapas 2	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
3	BateChapas 3	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
4	BateChapas 4	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
5	BateChapas 5	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
6	Operador_Fila_Unica_Chp	Fixed Capacity	12	8	0.0	0.0
7	Operador_Fila_Unica_Mec	Fixed Capacity	4	8	0.0	0.0
8	Mecanico 1	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
9	Mecanico 2	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
10	Operador_Fila_Unica_Prep	Fixed Capacity	8	8	0.0	0.0
11	Preparador 1	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
12	Preparador 2	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
13	Preparador 3	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
14	Preparador 4	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
15	Preparador 5	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
16	Preparador 6	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
17	Operador_Fila_Unica_Pintura	Fixed Capacity	5	8	0.0	0.0
18	Pintor 1	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
19	Pintor 2	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
20	Pintor 3	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
21	Operador_Fila_Unica_Acaba	Fixed Capacity	4	8	0.0	0.0
22	Tec_Acabamentos_1	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
23	Tec_Acabamentos_2	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
24	T_Lavagem	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
25	Operador_Fila_Unica_Lavagem	Fixed Capacity	3	8	0.0	0.0
26	Controlador	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
27	BateChapas 6	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
28	BateChapas 7	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
29	BateChapas 8	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
30	BateChapas 9	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0
31	BateChapas 10	Fixed Capacity	1	8	0.0	0.0

Figura 4-11 - Lista de recursos (ARENA)

A definição do tipo de fila de espera é algo crítico neste modelo, dado que irão circular no sistema entidades com valores de atributo diferentes. No estudo de simulação realizado, considerou-se que os retrabalhos iriam possuir um valor do atributo “Estado” superior ao das entidades que estão a ser processadas pela primeira vez. Neste sentido, definiu-se que as filas deveriam ser do tipo *Highest Attribute Value*, de modo a reproduzir a consideração exposta e garantir que os retrabalhos são prioritários, aquando da seleção da próxima entidade a entrar nos módulos de processamento.

Após estruturação do modelo de simulação, definição de entidades e recursos associados aos processos, foi possível realizar a verificação do modelo. Assim, foram definidos *inputs* determinísticos e através da animação da simulação realizada no *software* ARENA, verificou-se que as entidades seguem a lógica definida pelo modelo, pelo que se considera que o modelo foi contruído corretamente.

Por fim, foram analisados estatisticamente os tempos de processamento das várias fases do processo, de modo a permitir representar as várias fontes de aleatoriedade no modelo, já no âmbito da modelação quantitativa.

4.2 Fase de Modelação Quantitativa

No seguimento da fase de modelação estrutural, deverá efetuar-se a análise e tratamento estatístico dos dados recolhidos que, no presente caso de estudo, correspondem aos tempos de processamento das diferentes fases do processo. Neste sentido, recorreu-se à ferramenta *Input Analyzer* do *software* ARENA, para determinação da qualidade do *fitting* entre as funções de distribuição probabilística padrão do ARENA e os dados obtidos recolhidos

A ferramenta *Input Analyzer* permite: a determinação da qualidade do ajuste dos dados a uma função de distribuição probabilística teórica (adimensional), e estimação dos seus parâmetros; executar o ajustamento de dados a até 15 distribuições probabilísticas; calcular o valor do erro quadrático de ajustamento e criar histogramas (com eixos abstratos, sem unidades) para representar os dados com a respetiva curva de ajustamento (Chung, 2019). O método de obtenção das funções de distribuição probabilísticas encontra-se descrito no Anexo II.

O intervalo de tempo entre chegadas de viaturas foi modelado com recurso aos dados disponibilizados pela organização, cujo registo corresponde ao número de entradas de viaturas por dia para o período de julho de 2021 a setembro de 2022. Com recurso ao *Input Analyzer* do *software* ARENA, os dados recolhidos foram ajustados a uma curva de distribuição de probabilidade com a opção *Fit All*, conforme a Figura 4-12.

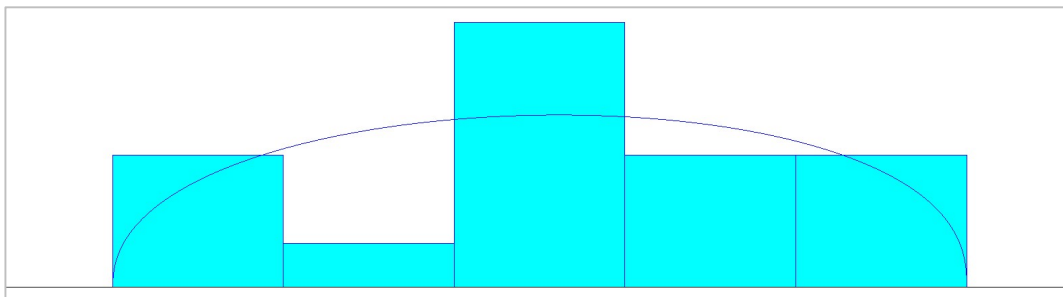


Figura 4-12 - Ajustamento do número de entradas diárias de viaturas

A expressão que melhor define a cadênciade entrada de viaturas em oficina é caracterizada pela distribuição Beta, cuja equação se define por $0.49 + 0.15 * \text{BETA}(1.45, 1.41)$, com um erro quadrático associado de 0.047613, para este caso em concreto.

Deste modo, inseriu-se a equação no módulo “Entradas”, caracterizando assim a distribuição de probabilidade, que modela o intervalo de tempo entre chegadas consecutivas de entidades/viaturas ao sistema, número de entidades por entrada, número máximo de entidades que podem entrar por dia e instante da chegada da primeira entidade (Figura 4-13).

Figura 4-13 - Modelação taxa de entradas

Para o processo de Mecânica, recorreu-se ao *Input Analyzer*, tendo sido inseridos os tempos registados no DMS da empresa, para as linhas de trabalho de reparações mecânicas. Esta ferramenta, efetuou o ajustamento dos dados a uma curva de distribuição de probabilidade, como ilustrado na Figura 4-14.

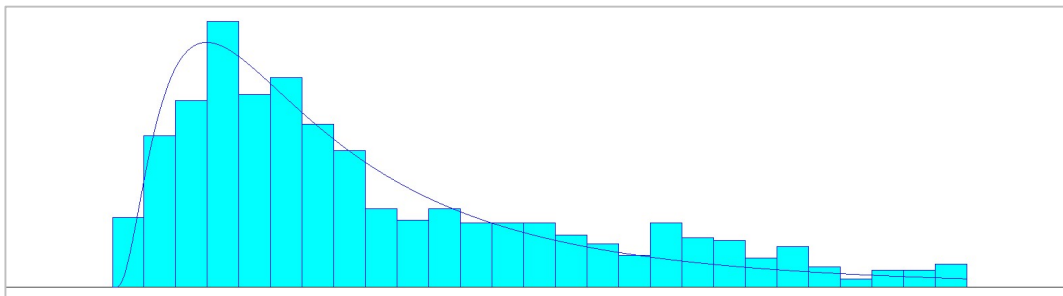


Figura 4-14 - Ajustamento processo Mecânica

A expressão que melhor caracteriza os processos de reparação mecânica é definida pela distribuição Log-Normal, cuja equação se define por $\text{LOGN}(1.97, 2.04)$, com um erro quadrático associado de 0.002389, para este caso em particular.

A expressão foi inserida nos módulos *Process* associados a esta secção, bem como a definição da ação lógica *seize-delay-release*, em que o *delay* é considerado como valor acrescentado (*Value Added*) e definição do recurso equivalente ao técnico responsável pela reparação mecânica, como representado na Figura 4-15.

Esta consideração lógica é replicada na modelação dos processos das fases de Montagem, Desmontagem, Preparação de Pintura, Pintura de Estufa, Lavagem, Acabamentos e Controlo de Qualidade.

The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name: Rep_Mecanica_1
- Type: Standard
- Logic:
 - Action: Seize Delay Release
 - Priority: Medium(2)
- Resources:
 - Resource, Mecanico 1, 1
 - <End of list>
- Delay Type: Expression
- Units: Hours
- Allocation: Value Added
- Expression: LOGN(1.97, 2.04)
- Report Statistics:

Figura 4-15 - Modelação processo Mecânica

O módulo *Process* “Rep_Mecanica_i.1” (Figura 4-16), em que *i* varia entre 1 e 2, é idêntico ao módulo *Process* “Rep_Mecanica_i”, à exceção dos campos *Priority* e *Allocation*, uma vez que este módulo corresponde aos retrabalhos da secção de Mecânica que são realizados pelo mesmo técnico de mecânica, sendo dada prioridade alta, *High (1)*, na ocupação do recurso. Caso o recurso esteja disponível, uma viatura que solicita um trabalho na secção Mecânica e uma viatura que solicita um retrabalho na mesma secção, o recurso é atribuído à entidade afeta ao retrabalho. Como o módulo *Process* “Rep_Mecanica_i.1” representa um retrabalho, este não acrescenta valor para o cliente, pelo que, no campo *Allocation* é definida a opção de processo sem valor acrescentado (*Non-Value Added*).

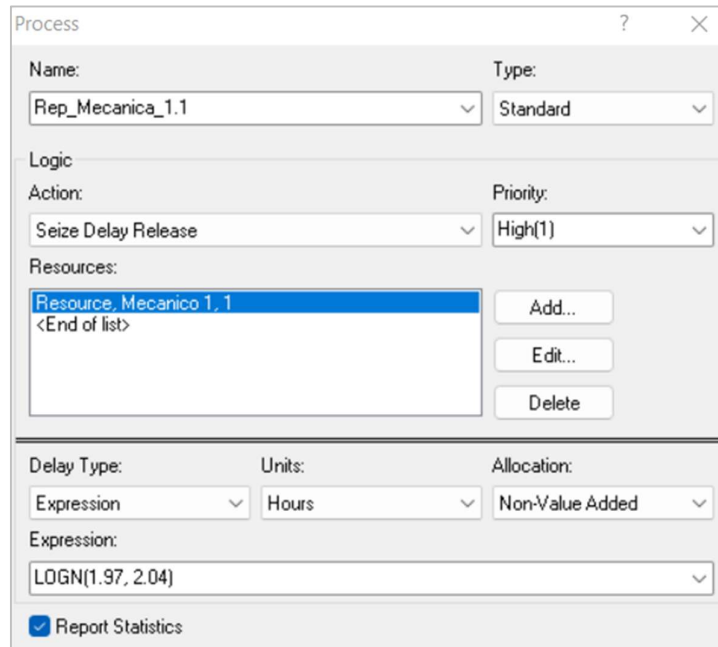


Figura 4-16 - Modelação processo retrabalho Mecânica

No que respeita aos processos da secção de Chapa, face aos dados disponíveis no DMS, tomou-se em consideração que os processos de Desmontagem e Montagem apresentam tempos semelhantes e que podem ser definidos pela mesma função de distribuição de probabilidade, resultando numa simplificação operacional que mantém a veracidade dos resultados do modelo de simulação. Neste caso, os dados foram ajustados pelo *software* (Figura 4-17) e a distribuição que melhor se enquadra ao conjunto de dados é a distribuição Beta, cuja equação é definida por $7 * \text{BETA}(1.6, 2.06)$, com um erro quadrático associado de 0.001278.

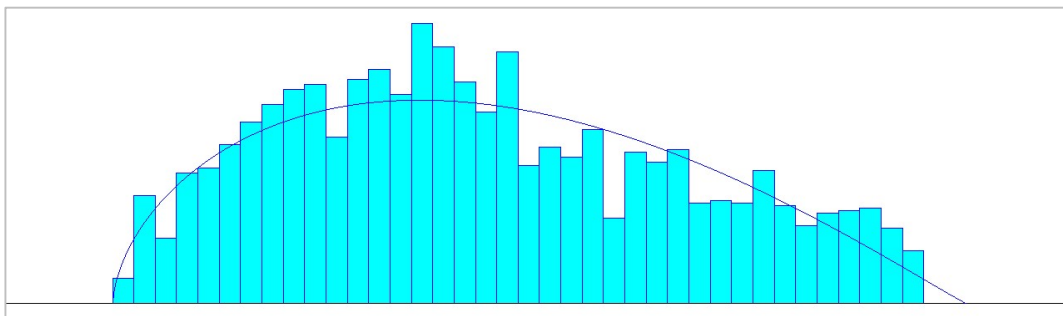


Figura 4-17 - Ajustamento processos Chapa

A Figura 4-18 ilustra o preenchimento dos parâmetros relativos ao processo de Desmontagem, que é modelado da mesma forma que os processos de Montagem, bem como a associação do recurso equivalente ao bate-chapas responsável pela reparação (BateChapas i , em que i assume valores entre 1 e 10).

Figura 4-18 - Modelação processo Chapa (Desmontagem e Montagem)

O módulo *Process* “Desmontagem i.1” (Figura 4-19), em que *i* varia entre 1 e 10, é idêntico ao módulo *Process* “Desmontagem i”, à exceção dos campos *Priority* e *Allocation*, uma vez que este módulo modela os retrabalhos da secção de Chapa que são realizados pelo mesmo bate-chapas, sendo dada prioridade alta, *High (1)*, na ocupação do recurso. Assim, caso o recurso esteja disponível, uma viatura que solicita um trabalho na fase de Desmontagem e uma viatura que solicita um retrabalho na mesma fase, o recurso é atribuído à viatura que solicita o retrabalho. Como o módulo *Process* “Desmontagem i.1” representa um retrabalho de chaparia que não acrescenta valor para o cliente, no campo *Allocation* é definida a opção de processo sem valor acrescentado (*Non-Value Added*).

Process

Name: Desmontagem_1.1 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: High(1)

Resources:

Resource: BateChapas 1, 1
<End of list>

Add... Edit... Delete

Delay Type: Expression Units: Hours Allocation: Non-Value Added

Expression: 7 * BETA(1.6, 2.06)

Report Statistics

Figura 4-19 - Modelação processo Retrabalho Desmontagem

O ajustamento dos dados relativos ao processo de Preparação de Pintura (Figura 4-20), resultou na seleção da distribuição Gamma com a respetiva equação GAMM(1.87, 1.72) e erro quadrático de 0.000445 para o conjunto de dados em análise.

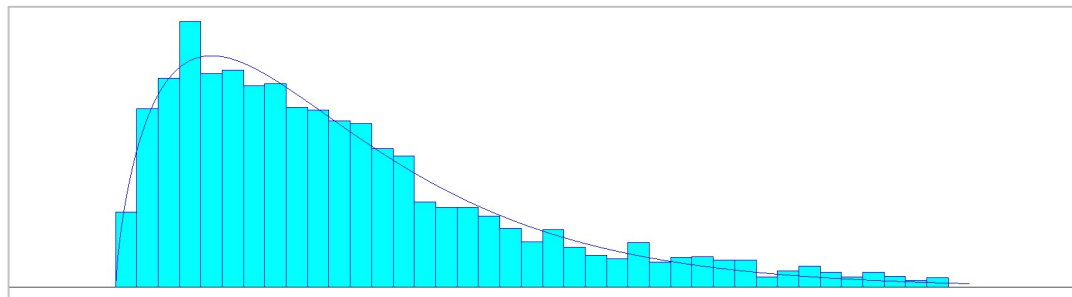


Figura 4-20 - Ajustamento processo Preparação Pintura

O processo foi modelado no *software* ARENA, de acordo com a expressão de distribuição obtida, conforme representado na Figura 4-21.

The image shows a 'Process' configuration window with the following details:

- Name:** Preparacao_Pintura_1
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
 - Resource: Preparador 1, 1
 - <End of list>
- Delay Type:** Expression
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Expression:** GAMM(1.87, 1.72)
- Report Statistics:**

Figura 4-21 - Modelação processo Preparação Pintura

O módulo *Process* “Preparacao_Pintura_i.1” (Figura 4-22), em que *i* varia entre 1 e 6, é semelhante ao módulo *Process* “Preparacao_Pintura_i”, à exceção dos campos *Priority* e *Allocation*, uma vez que este módulo corresponde aos retrabalhos da secção de Pintura que são realizados pelo mesmo técnico de preparação (preparador), sendo dada prioridade alta na ocupação do recurso. Neste sentido, uma viatura que solicita um retrabalho na secção de Preparação de Pintura, é prioritária e o recurso é atribuído à entidade afeta ao retrabalho. Como o módulo *Process* “Preparacao_Pintura_i.1” representa um retrabalho, este não acrescenta valor para o cliente, pelo que, no campo *Allocation* é definida a opção de processo sem valor acrescentado (*Non-Value Added*).

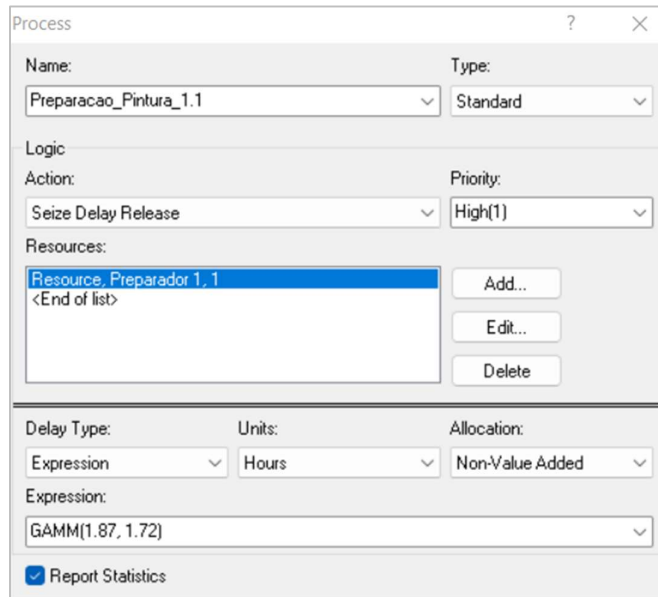


Figura 4-22 - Modelação processo retrabalho Preparação Pintura

No processo de Pintura de Estufa, o ajustamento de dados (Figura 4-23), obteve-se como distribuição mais adequada ao conjunto de dados a distribuição Gamma, GAMM(0.543, 2.47), com um erro quadrático associado de 0.001085.

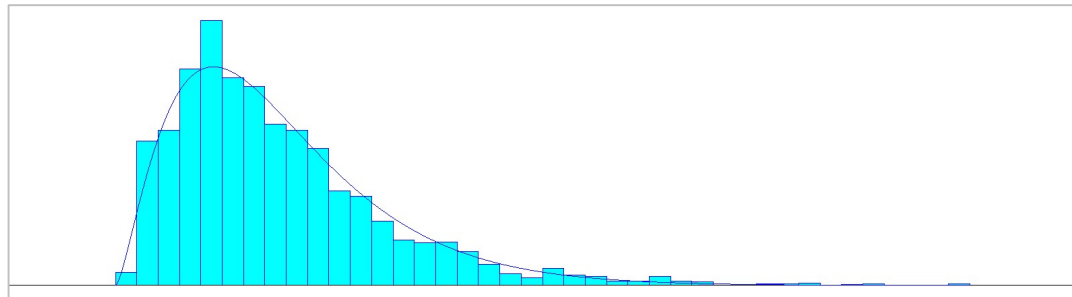


Figura 4-23 - Ajustamento processo Pintura Estufa

O processo foi modelado no *software* de simulação, de acordo com a expressão de distribuição obtida, e associado ao recurso equivalente ao pintor que se encontra na estação de preparação de pintura, conforme ilustra a Figura 4-24.

The image shows a 'Process' configuration window with the following details:

- Name:** Pintura 1
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
 - Resource, Pintor 1. 1
 - <End of list>
- Buttons:** Add..., Edit..., Delete
- Delay Type:** Expression
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Expression:** GAMM(0.543, 2.47)
- Report Statistics:**

Figura 4-24 - Modelação processo Pintura Estufa

O módulo *Process* “Pintura i.1” (Figura 4-25), em que *i* varia entre 1 e 3, é semelhante ao módulo *Process* “Pintura i”, à exceção dos campos *Priority* e *Allocation*, uma vez que este módulo corresponde aos retrabalhos da secção de Pintura, que são realizados pelo mesmo pintor, sendo dada prioridade alta na ocupação do recurso. Neste sentido, os retrabalhos terão prioridade na fila de espera e na atribuição de recursos. Como o módulo representa um retrabalho, este não acrescenta valor para o cliente, pelo que, no campo *Allocation* é definida a opção de processo sem valor acrescentado (*Non-Value Added*).

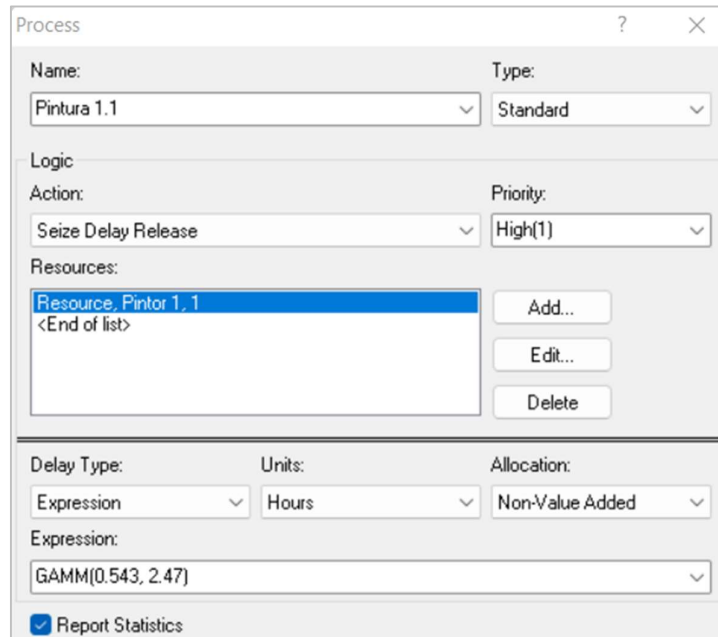


Figura 4-25 - Modelação processo retrabalho Pintura Estufa

A Figura 4-26 ilustra o ajustamento de dados para o conjunto de tempos obtidos, através das medições do processo de Controlo de Qualidade.

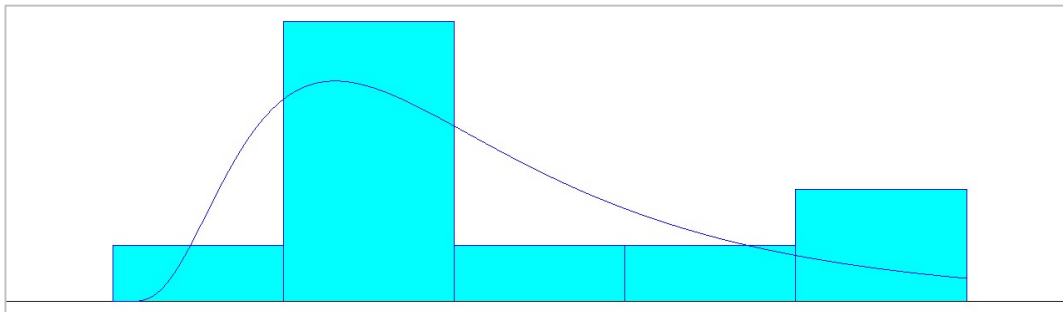


Figura 4-26 - Ajustamento processo CQ

A distribuição obtida para este conjunto de dados foi a distribuição Log-Normal, com equação característica $\text{LOGN}(0.224, 0.158)$ e erro quadrático associado de 0.057531.

Na Figura 4-27, encontra-se representado o preenchimento dos parâmetros de modelação do módulo *Process* associado à atividade de CQ e recurso afeto à mesma, que equivale ao técnico de controlo de qualidade.

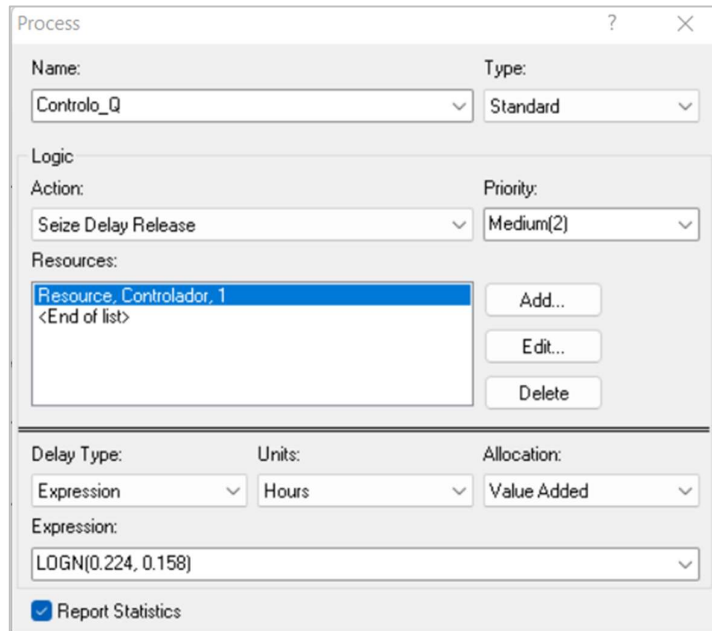


Figura 4-27 - Modelação processo CQ

Nos processos de Lavagem e Acabamentos, conforme mencionado anteriormente, foi utilizada a distribuição Triangular, com parâmetros determinados através do conhecimento empírico dos técnicos especialistas destas atividades.

Os parâmetros de modelação relativos aos módulos *Process* associados às atividades de Lavagem e Acabamentos, encontram-se respetivamente representados na Figura 4-28 e Figura 4-29, sendo que os recursos afetados correspondem ao túnel de lavagem e técnicos de acabamentos.

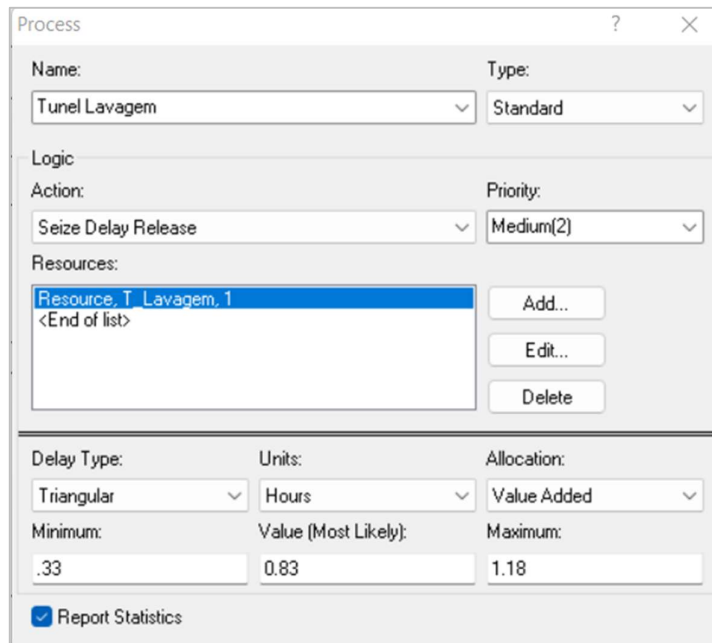


Figura 4-28 - Modelação processo Lavagem

The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following settings:

- Name:** Acabamentos_1
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
 - Resource: Tec. Acabamentos 1, 1
 - <End of list>
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 0.21
- Value (Most Likely):** 1
- Maximum:** 3
- Report Statistics

Figura 4-29 - Modelação processo Acabamentos

O módulo *Process* “Acabamentos_i.1” (Figura 4-30), em que *i* varia entre 1 e 2, é semelhante ao módulo *Process* “Acabamentos_i”, à exceção dos campos *Priority* e *Allocation*, uma vez que este módulo é utilizado para efetuar trabalhos de acabamento em viaturas que tenham sido alvo de retrabalho na secção de Pintura. Neste sentido, os retrabalhos terão prioridade na fila de espera e na atribuição de recursos. Como o módulo representa um retrabalho, este não acrescenta valor para o cliente, pelo que, no campo *Allocation* é definida a opção de processo sem valor acrescentado (*Non-Value Added*).

The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following settings:

- Name:** Acabamentos_1.1
- Type:** Standard
- Logic:**
 - Action:** Seize Delay Release
 - Priority:** High(1)
- Resources:**
 - Resource: Tec. Acabamentos 1, 1
 - <End of list>
- Delay Type:** Triangular
- Units:** Hours
- Allocation:** Non-Value Added
- Minimum:** 0.21
- Value (Most Likely):** 1
- Maximum:** 3
- Report Statistics

Figura 4-30 - Modelação processo retrabalho Acabamentos

Em modo de síntese, após compilação e análise dos tempos de mão-de-obra recolhidos para todos os processos operacionais, à exceção dos Acabamentos e Lavagem, recorreu-se ao módulo *Input Analyzer* do *software* ARENA, com a finalidade de determinar numericamente qual a distribuição que melhor se enquadrava ao conjunto de dados obtidos, para cada processo.

Os parâmetros e equações obtidos para a distribuição que melhor modela cada processo, encontram-se representados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Parâmetros distribuições determinados (Estado Atual)

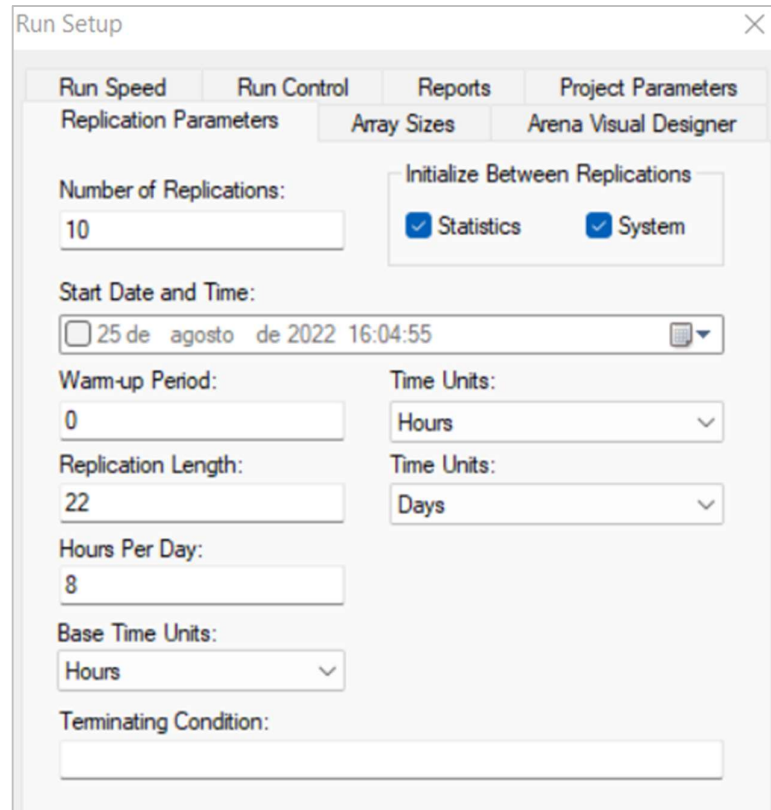
Processo	Operação	Distribuição [h]	Método de obtenção
Mecânica	Intervenção Mecânica	$LOGN(1.97, 2.04)$	<i>Input Analyzer</i>
Chapa	Montagens, Desmontagens e Reparações	$7 * BETA(1.6, 2.06)$	<i>Input Analyzer</i>
Preparação Pintura	Preparação de Pintura	$GAMM(1.87, 1.72)$	<i>Input Analyzer</i>
Pintura	Pintura de Estufa	$GAMM(0.543, 2.47)$	<i>Input Analyzer</i>
Controlo Qualidade	Verificação da qualidade da reparação	$LOGN(0.224, 0.158)$	<i>Input Analyzer</i>
Acabamentos	Acabamentos e polimentos	$TRIA(0.21, 1, 3)$	Empírico
Lavagem	Lavagem e aspiração de viaturas	$TRIA(0.33, 0.83, 1.18)$	Empírico

4.3 Parâmetros de simulação

De modo a iniciar a simulação do modelo e para que o mesmo atinja o estado estacionário, é necessário efetuar uma simulação suficiente longa para o efeito, com os parâmetros indicados. Inicialmente, foram definidos os parâmetros de simulação afetos ao número de horas a simular, tempo de *warm-up*, número de replicações e unidades base (*Base Time Units*). Neste caso, com recurso à função *Run Setup* do *software* ARENA (opção *Replication Parameters*), definiu-se um tempo de simulação de 22 dias úteis, que correspondem a 1 mês de trabalho, 0 horas de *warm-up*, 10 replicações e *Base Time Units* dos relatórios de estatísticas expressas em horas.

Note-se que o estado do sistema e as estatísticas das variáveis do modelos de simulação, são reiniciadas no final de cada uma das replicações (*Initalize Between Replications*) e ainda que, não existe uma condição definida para o término da simulação (*Terminating Condition*).

A definição dos parâmetros mencionados encontra-se ilustrada na Figura 4-31.



The image shows a screenshot of the 'Run Setup' dialog box in Arena simulation software. The 'Replication Parameters' tab is selected. The 'Number of Replications' is set to 10. The 'Start Date and Time' is set to 25 de agosto de 2022 16:04:55. The 'Warm-up Period' is 0, and the 'Replication Length' is 22. The 'Hours Per Day' is 8. The 'Base Time Units' is set to Hours. The 'Time Units' for the warm-up period is Hours, and for the replication length is Days. The 'Terminating Condition' field is empty. There are also checkboxes for 'Initialize Between Replications' with 'Statistics' and 'System' checked.

Figura 4-31 – *Replication Parameters* do modelo de simulação Estado Atual

Neste âmbito, efetuou-se a simulação do modelo para os parâmetros definidos, tendo sido obtidos os resultados para o número médio de saídas de cada replicação, média e desvio padrão amostral, conforme a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Resultados simulação para 10 replicações

Nº replicação	Nº saídas simulação	Nº saídas reais oficina
1	193	211
2	201	231
3	202	230
4	205	246
5	192	214
6	200	252
7	198	205
8	192	218
9	193	214
10	195	240
Média	197	226
Desvio Padrão Amostral (S)	4,48	15,27

O desvio padrão amostral não é *output* do *software* de simulação, pelo que deverá ser calculado através da equação 4.1, com recurso à dimensão (d) e média da amostra (\bar{x}).

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{d}} \quad (4.1)$$

Contudo, pretende-se determinar o número de replicações (n) a realizar para cada simulação, para um nível e confiança estatística ($1 - \alpha$) de 95%, considerando como medida de desempenho o número médio de viaturas reparadas mensalmente.

Para tal, é necessário calcular o valor crítico da distribuição *t-student*, $t_{n-1, \alpha/2}$, para o número de graus de liberdade e nível de significância (α) de 5% (Banks *et al.*, 2009). O número de graus de liberdade é determinado pela equação 4.2.

$$\text{Graus de Liberdade} = n - 1 \quad (4.2)$$

Assim, obteve-se um valor de $t_{n-1, \alpha/2}$ de 2.2622 para 9 graus de liberdade e $\alpha=0.05$.

Neste seguimento, foi calculado o erro padrão através da equação 4.3.

$$t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (4.3)$$

Deste modo, obteve-se um valor de erro padrão de 1.013, que neste caso, implica que o número de replicações atual (10) não será suficiente, devido ao erro padrão ser inferior à precisão desejada (0.5).

Neste sentido, será necessário calcular o número de replicações mínimo (n^*), através da equação 4.4.

$$n^* = \left[n \left(\frac{h}{h^*} \right)^2 \right] \quad (4.4)$$

Para o caso em estudo, obteve-se que o número mínimo de replicações para a precisão desejada seria de 41 replicações, pelo que, se tomará este valor em consideração para o modelo de simulação.

Após cálculo do parâmetro n^* , para validar o modelo de simulação, comparou-se o número médio de viaturas reparadas obtido através do modelo de simulação do estado atual, para 41 replicações, e dos dados reais disponibilizados pela Carclasse S.A., com base nos últimos meses de funcionamento do Departamento de Colisão.

O desvio entre os valores reais e os valores obtidos por simulação foi calculado através da equação 4.5.

$$desvio \% = \frac{valor\ real - valor\ simulação}{valor\ real} \times 100 \text{ [\%]} \quad (4.5)$$

Na Tabela 4.3, encontram-se representados os valores obtidos para o número de reparações médio do Estado Atual Real e do Estado Atual Simulado.

Tabela 4.3 - Comparação número de reparações médio Estado Atual Real vs. Estado Atual Simulado

Estado Atual Simulado	Estado Atual Real	Desvio
198	226	12 %

A análise dos dados registados na Tabela 4.3 permite validar o modelo de simulação utilizado, devido ao desvio percentual calculado para os valores médios obtidos. O valor do desvio é considerado aceitável, devido ao modelo de simulação não contemplar imprevistos ou necessidades urgentes da oficina perante situações que não se encontram previstas na agenda de reparações, bem como, pelo facto de se efetuar a comparação entre valores médios, por força dos valores reais disponíveis para análise.

5 Sugestões de Melhoria do Processo

O presente capítulo, visa apresentar alternativas de realização do processo, com vista a reduzir o tempo de valor não acrescentado, que segundo o *Lean Thinking*, resultará num aumento do valor do serviço prestado ao cliente.

Neste caso de estudo, estabeleceram-se três cenários de melhoria, ou seja, planearam-se melhorias para três áreas operacionais distintas. Contudo, estas melhorias não foram passíveis de medição, devido à disrupção que poderiam causar no processo produtivo atual e, conseqüentemente, nos trabalhos que se encontravam em curso.

Porém, estima-se que a implementação de iniciativas às práticas *lean* nos processos produtivos nas organizações, poderá gerar uma redução de desperdícios na ordem dos 27 a 28% (Cheng & Chang, 2012).

Nesta ótica, face às questões expostas irá tomar-se o valor médio (27,5%) como estimativa de melhoria a nível dos tempos dos processos operativos, devido à utilização de ferramentas *lean*, que promovem a melhoria contínua do funcionamento da oficina. Contudo, esta estimativa de melhoria deverá ser verificada na prática ao ser implementada nas atividades produtivas.

5.1 Implementação 5S

A organização e limpeza dos postos de trabalho são fatores que influenciam diretamente a *performance* dos trabalhadores, razão pela qual se pretende implementar a filosofia 5S no dia-a-dia da oficina da Colisão da Carclasse.

Esta metodologia permite a obtenção de uma maior harmonia do local de trabalho e normalização do mesmo, no entanto, requer disciplina e motivação por parte dos envolvidos. Desta forma, para auxiliar na manutenção desta filosofia, sugere-se a implementação de uma *checklist* que contemple os seguintes pontos:

- ✓ Recolha e arrumação das ferramentas após utilização;
- ✓ Se encontrar algo fora do lugar deve arrumar;
- ✓ Manter o espaço de trabalho limpo e arrumado;
- ✓ Se existir uma mancha ou liquido no chão, limpe ou avise o responsável de secção;
- ✓ Não obstruir locais de circulação, corredores, equipamentos de segurança ou saídas de emergência;
- ✓ Separar o lixo adequadamente.

Assim, sugere-se a utilização de moldes únicos para ferramentas, nas gavetas das bancadas de trabalho de cada operador, como exemplificado na Figura 5-1., de modo a promover a metodologia 5S na oficina.



Figura 5-1 - Exemplo de arrumação ferramentas – 5S (*website Logistik KNOWHOW, 2022*)

Neste âmbito, devem ser também definidas zonas específicas para colocação de bancadas, caixotes do lixo e colocação de peças removidas e de peças a substituir, criando arrumação com marcações coloridas no chão da oficina. A Figura 5-2, representa um exemplo a ser tomado em consideração para o caso de estudo.



Figura 5-2 - Exemplo marcações para definição áreas - 5S (*website Insite Solutions LLC, 2022*)

Acrescendo a estas sugestões, deverá ser criado um planeamento para ações de limpeza em toda a oficina, onde são definidos horários para o efeito, sendo que todos os

trabalhadores deverão imperativamente manter os seus postos, postos de trabalho comuns e zonas de arrumação limpos e arrumados após cada reparação, conforme o exemplo da Figura 5-3.



Figura 5-3 -Exemplo de limpeza e organização do posto de trabalho e zonas de arrumação (*website LEANBOX, 2022*)

Este planeamento, irá estimular e sensibilizar cada um para a importância destas ações e criar hábitos de limpeza.

As ações mencionadas promovem uma maior interação dos colaboradores com o processo, e um maior comprometimento com a manutenção das suas condições de trabalho, o que permite obter um ambiente mais produtivo e saudável para todos os envolvidos.








5.2 Implementação de metodologia de Gestão Visual

A implementação da Gestão Visual no dia-a-dia operacional do Departamento de Colisão, visa obter uma melhor identificação do estado da reparação em que cada viatura se encontra, quer seja a nível do estado do processo da seguradora, imobilização ou se aguarda peças. Deste modo, sugere-se a implementação de pastas coloridas com ventosas ou cartões coloridos, para identificação do estado da viatura e de sinalização para a zona de estacionamento, tornando mais claro para todos os envolvidos nos processos do Departamento de Colisão e uma gestão do parque melhorada e mais organizada.

A Tabela 5.1 contém uma sugestão para implementação de um código de cores para cartões identificadores dos diferentes estados da viatura, nomeadamente, se a viatura se encontra a aguardar orçamento particular ou peritagem, reparação, peça(s), lavagem, CQ,

se está pronta para entrega ao cliente ou se representa um retrabalho. Estes cartões podem ser colocados no interior, junto ao vidro para-brisas da viatura, para criar um estímulo visual ao colaborador que necessite de obter informação acerca da mesma.

Tabela 5.1 - Código de cores para cartões estado da reparação

Padrão	Cor	Significado
	Azul-escuro	Aguarda Orçamento/Peritagem
	Amarelo	Aguarda Reparação
	Vermelho	Aguarda Material
	Azul-Claro	Aguarda Lavagem
	Cor-de-laranja	Aguarda Controlo de Qualidade
	Verde	Pronto para entrega
	Roxo	Retrabalho

A Figura 5-4, contém um exemplo de aplicação de um cartão identificativo do estado de reparação, em que; neste caso, a viatura aguarda material (peças) para ser dado seguimento ao processo.



Figura 5-4 - Exemplo de cartão identificativo (Gestão Visual)

A zona de estacionamento das viaturas, deverá ser sinalizada e seccionada para uma melhor organização e gestão dos lugares, destinados ao Departamento de Colisão.

A Figura 5-5 tem como objetivo, a identificação das diversas secções do parque de estacionamento da filial de Lisboa e na distribuição das mesmas. Deste modo, sugere-se

que a zona L seja utilizada para o parque de uso frequente da colisão, a zona E para as viaturas a aguardar lavagem e a zona D1 para as viaturas prontas para entrega.

Contudo, a Figura 5-5 resulta da digitalização de um documento de grandes dimensões, o que impossibilita uma melhor resolução do conteúdo da mesma.

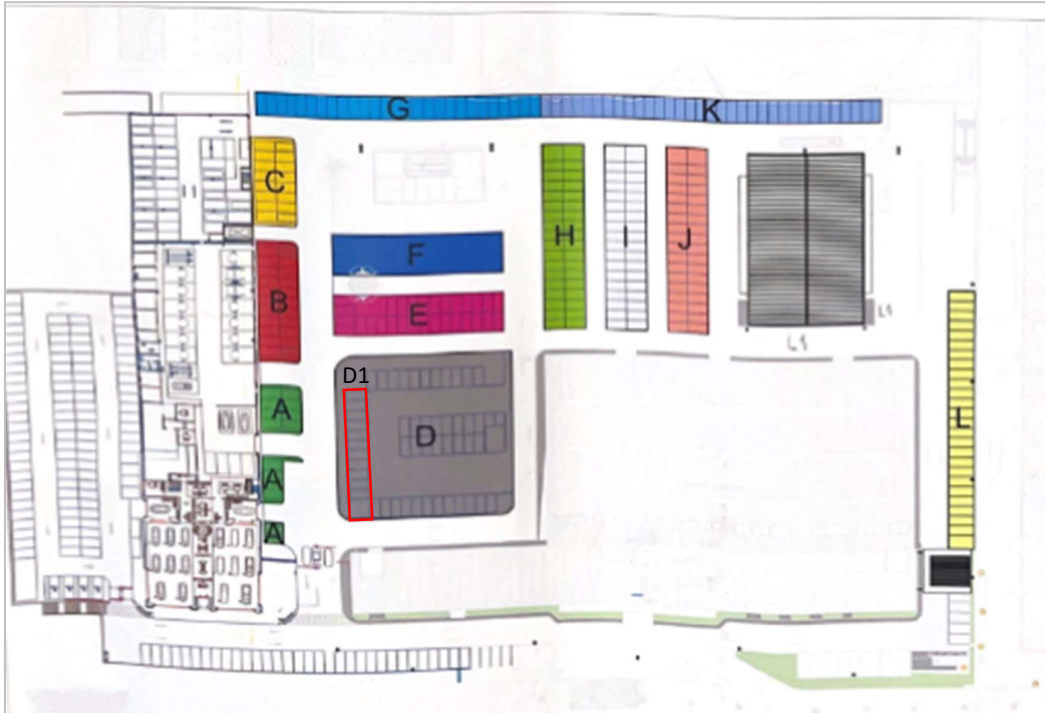


Figura 5-5 - Seccionamento das zonas de estacionamento (Gestão Visual)

5.3 Checklist de processos (Chapa e Pintura)

O controlo de processos constitui uma atividade chave na melhoria contínua do processo produtivo, pelo que se sugere a implementação de um documento com uma *checklist* para uma melhor visualização das zonas a reparar, e identificar possíveis não conformidades *a priori* da realização da reparação, a nível da encomenda de componentes e comunicações com a seguradora, ou durante o processamento da viatura em oficina.

Nas secções de Chapa e Pintura, devido às observações de serviço não conforme, em conjunto com as reclamações aceites registadas por falha destas áreas, sugere-se a implementação de uma *checklist* de verificação da qualidade dos trabalhos efetuados, que auxiliará o Controlador de Qualidade durante o CQ final. Esta lista permite que os técnicos possam validar a reparação efetuada e, caso seja necessário, corrigir imperfeições imediatamente e sem que a viatura tenha de passar por toda a cadeia de processamento novamente, o que permitirá reduzir as filas de espera à entrada, para cada posto de

trabalho em cada secção e, conseqüentemente, reduzir a taxa de retrabalho, que é um dos desperdícios identificados pelo pensamento *Lean*.

Neste enquadramento, criou-se a *checklist* “Controlo de Processos – Colisão” (Anexo III), que contém um cabeçalho para preenchimento da identificação da viatura, datas de início e fim previsto de reparação, dados do processo de cedência de viatura de cortesia/substituição (caso seja aplicável) e aditamentos ao processo de reparação.

A primeira secção, denominada “Zonas a Reparar (a preencher CQ)”, tem como objetivo a identificação das zonas da viatura que irão ser reparadas e/ou substituídas, numa vista planificada de um automóvel, para que no CQ final seja facilitada a consulta destes elementos, tendo também um espaço destinado a observações consideradas pertinentes para o processo. Esta secção deverá ser preenchida pelo controlador de qualidade, aquando da preparação da WIP e agendamento com o cliente.

A segunda secção “Mecânica/Chapa”, contém pontos críticos a verificar e possíveis defeitos a identificar, após a reparação de chapa, devendo ser avaliada pelo técnico e validada pelo chefe de secção, antes de a viatura seguir para a estação de trabalho seguinte. Neste caso, o chefe de secção de Chapa também chefia a secção de Mecânica, pelo que irá validar os pontos referentes a ambos os tipos de reparação ao preencher esta lista de verificação.

Na secção três, “Pintura”, constam pontos críticos a verificar e possíveis defeitos a identificar, após pintura de componentes, devendo ser avaliada pelo pintor e validada pelo chefe de secção, antes de a viatura seguir para a estação de trabalho seguinte.

Por fim, reservou-se um campo para notas no final da lista, no sentido de permitir às estações produtivas a possibilidade de registar informações relevantes para o processo e para os restantes colaboradores.

Esta *checklist*, poderá ser impressa, preenchida manualmente e anexada à documentação do processo de reparação. No entanto, idealmente, deveria ser emitida automaticamente, aquando da abertura da ordem de reparação e colocação das peças a reparar, no sentido de o cabeçalho e a primeira secção serem preenchidas informaticamente, as restantes secções seriam preenchidas via *tablet* pelos técnicos e a validação ser efetuada por meio digital. Porém, esta forma de preenchimento requer desenvolvimentos a nível informático, investimento financeiro e formação de pessoas, o que requer uma decisão da gestão de topo, quanto à implementação deste modo de preenchimento.

5.4 Reformulação do Controlo de Qualidade

O CQ final representa uma garantia de que a viatura é entregue ao cliente nas condições estéticas, estruturais e de funcionamento preconizadas pelos fabricantes, dado que é a última etapa do fluxo produtivo. Desta forma, é uma atividade com elevada responsabilidade e com tolerâncias mais apertadas, para que sejam atingidos os padrões de qualidade perspetivados pelo cliente.

Neste âmbito, devido à constatação de reclamações com origem na ineficiência do CQ atual, e de modo a otimizar este posto de trabalho, optou-se por projetar uma nova metodologia de trabalho nesta secção. As melhorias a implementar visam a redução de tempos de espera e de falhas na realização do CQ, que em conjunto com a *checklist* anterior, permitirão uma maior clareza na transmissão de informação entre oficina e controlador de qualidade.

Com as observações efetuadas ao longo deste estudo, foi possível elaborar uma nova *checklist* para o CQ que estabelecesse uma relação simbiótica com a *checklist* de Controlo de Processos de Colisão.

A lista de verificação em questão, representada no Anexo IV, contém itens de verificação, a nível do interior e exterior da viatura. Na *checklist* do CQ final, é contemplado um cabeçalho onde consta informação identificativa da viatura, quilometragem, data de realização do CQ, nome do controlador e hora de início e final da atividade. O registo deste último parâmetro poderá ter uma grande contribuição a nível da monitorização da eficiência deste processo, dado que permite efetuar um estudo acerca da duração do CQ e conseqüente impacto de alterações dos itens de verificação.

Na primeira secção “Exterior da Viatura (Geral)” desta lista surgem pontos de verificação referentes a possíveis folgas, estado das borrachas, existência de *spray* nas peças adjacentes às peças pintadas, assim como questões relacionadas com a manutenção regular da viatura, nomeadamente, o estado dos pneus, discos de travão e verificação de níveis de fluidos (óleo motor e líquido do limpa para-brisas).

Na segunda secção “Exterior da Viatura (Pintura)”, contém pontos de verificação de possíveis defeitos que possam surgir após secagem das tintas e vernizes aplicados nas peças da viatura, bem como a validação dos trabalhos efetuados na Secção de Acabamentos.

Na secção “Interior da Viatura”, pretende-se efetuar a verificação da presença do *kit* de emergência, existência de avisos no painel de instrumentos, nível de *AdBlue* (se

aplicável), estado das escovas do limpa para-brisas e eficiência de limpeza, funcionamento do ar-condicionado e verificação da existência de ruídos fora do normal.

A verificação de pontos extra reparação, garante uma verificação geral da viatura e confere um grau superior de segurança e conforto para o cliente, perante o trabalho efetuado, dado que estar atento a este tipo de questões, permite alertar o cliente para ações de manutenção ou reparação da viatura. Por outro lado, para a organização, é criada uma imagem de orientação para o cliente, garantindo a fidelização do mesmo, surgindo também a oportunidade de prestar serviços adicionais ao mesmo.

5.5 Simulação das sugestões de melhoria

Neste subcapítulo é descrita a forma de obtenção do modelo do estudo de simulação do estado melhorado da oficina, com base nas melhorias sugeridas, impacto estimado das mesmas, fluxo da cadeia de valor, tipologia de reparações e restrições da oficina do Departamento de Colisão.

5.5.1 Melhoria Secções Chapa e Pintura

No primeiro cenário de melhoria foram apenas consideradas as implementações das metodologias 5S e gestão visual, e da *checklist* “Controlo de Processos – Colisão”, garantindo assim um controlo de qualidade por secções, bem como uma maior orientação para o processo e monitorização contínua do impacto destas ações.

Para tal, em primeiro lugar, tornou-se necessário proceder à aplicação da redução de tempo de processo, estimada por Cheng e Chang (2012), aos processos afetos às secções de Chapa e Pintura que implicam o melhoramento dos processos de Mecânica, Preparação de Pintura e Acabamentos. Esta relação foi considerada pelo facto de existirem apenas duas chefias intermédias que são responsáveis pelo funcionamento da oficina, sendo que o chefe da secção de Chapa controla os processos de Mecânica e Chapa, e o chefe da secção de Pintura controla os processos de Preparação de Pintura, Pintura de Estufa e Acabamentos.

A redução dos tempos de processo originou a alteração de parâmetros das distribuições estatísticas que melhor se enquadram aos novos conjuntos de dados sujeitos a melhoria.

A Tabela 5.2, contém os dados obtidos para cada um dos processos alvo de melhoria por implementação da *checklist*.

Tabela 5.2 - Parâmetros distribuições determinados (Sugestão de melhoria 1)

Processo	Operação	Distribuição [h]	Método de obtenção
Mecânica	Intervenção Mecânica	$LOGN(1.53, 1.65)$	<i>Input Analyzer</i>
Chapa	Montagens, Desmontagens e Reparações	$5 * BETA(1.58, 1.53)$	<i>Input Analyzer</i>
Preparação Pintura	Preparação de Pintura	$GAMM(1.35, 1.73)$	<i>Input Analyzer</i>
Pintura	Pintura de Estufa	$GAMM(0.394, 2.47)$	<i>Input Analyzer</i>
Acabamentos	Acabamentos e polimentos	$TRIA(0.151, 0.725, 2.175)$	Empírico

As melhorias sugeridas não implicam alterações no modelo de simulação no *software* ARENA, devido ao seu impacto se encontrar refletido no próprio processo de trabalho de cada atividade e não influenciar a lógica do modelo construído, ou seja, apenas as distribuições que modelam os módulos *Process* foram alteradas.

5.5.2 Melhoria Controle de Qualidade

Neste segundo cenário de melhoria, foram consideradas apenas as implementações das metodologias 5S e gestão visual, e da *checklist* “Controle de Qualidade – Colisão”, de modo a medir o impacto da reformulação do CQ no processamento das viaturas, e capacidade de entrega de produto conforme ao cliente final. Com este cenário, foi também pretendido efetuar a comparação direta entre o tempo despendido no CQ atual e no CQ Melhorado.

O cenário de melhoria em estudo seguiu os mesmos passos que o anterior, na medida em que se utilizou a redução de tempos de processo estimada, e se determinou a distribuição que melhor se ajusta aos dados e respetivos parâmetros. A distribuição determinada encontra-se registada na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Parâmetros distribuições determinados (Sugestão de melhoria 2)

Processo	Operação	Distribuição [h]	Método de obtenção
CQ	Controle de Qualidade	$LOGN(0.162, 0.115)$	<i>Input Analyzer</i>

Em segundo lugar, foi aplicada a nova distribuição ao *Process* “CQ” e, devido à implementação da nova *checklist* para o CQ, foi considerada uma redução em 27,5% da probabilidade de existência de não-conformidades. Estas questões não implicam uma modificação da disposição ou adição de módulos à secção de CQ do modelo de simulação.

5.5.3 Melhoria Secções Chapa, Pintura e CQ

No terceiro cenário, foi considerada a implementação de todas as sugestões de melhoria: metodologia 5S; metodologia de gestão visual; *checklist* “Controlo de Processos – Colisão” e *checklist* “Controlo de Qualidade – Colisão”, que confere o controlo de qualidade por secções e a reformulação do CQ, para um processo mais sucinto e objetivo.

A hipótese de melhoria em estudo é uma compilação das duas anteriores, pelo que se enunciam na Tabela 5.4 as distribuições utilizadas para os processos, que sofreram melhorias nos seus tempos de mão-de-obra.

Tabela 5.4 - Parâmetros distribuições determinados (Sugestão de melhoria 3)

Processo	Operação	Distribuição [h]	Método de obtenção
Mecânica	Intervenção Mecânica	$LOGN(1.53, 1.65)$	<i>Input Analyzer</i>
Chapa	Montagens, Desmontagens e Reparações	$5 * BETA(1.58, 1.53)$	<i>Input Analyzer</i>
Preparação Pintura	Preparação de Pintura	$GAMM(1.35, 1.73)$	<i>Input Analyzer</i>
Pintura	Pintura de Estufa	$GAMM(0.394, 2.47)$	<i>Input Analyzer</i>
Acabamentos	Acabamentos e polimentos	$TRIA(0.151, 0.725, 2.175)$	Empírico
CQ	Controlo de Qualidade	$LOGN(0.162, 0.115)$	<i>Input Analyzer</i>

5.5.4 Comparação de resultados de simulação

Após efetuar a simulação numérica do fluxo de processamento do estado atual e dos cenários de melhoria sugeridos, foi necessário selecionar indicadores para proceder à sua comparação e retirar as devidas conclusões, quanto ao caráter positivo ou negativo do impacto que as alterações tiveram na cadeia de valor, com a devida ressalva de que todas estas melhorias devem ser implementadas, monitorizadas e avaliadas quanto à sua eficácia.

Neste caso de estudo, optou-se por monitorizar o número de viaturas reparadas mensalmente, o tempo de valor acrescentado (*Value Added Time* - VAT), tempo de valor não acrescentado (*Non Value Added Time* - NVAT), tempo de espera (*Waiting Time* - WT), tempo de permanência no servidor e número de viaturas com trabalhos em progresso (*Work in Progress* - WIP).

Na Tabela 5.5 foram registados os resultados obtidos (*outputs*) para cada estudo de simulação: Estado Atual; Cenário Melhoria 1 (Melhoria Secções Chapa e Pintura); Cenário 2 (Melhoria Controlo de Qualidade) e Cenário 3 (Melhoria Secções Chapa, Pintura e CQ).

Tabela 5.5 - Comparação de resultados de simulação

Indicador	Estado Atual	Cenário Melhoria 1	Cenário Melhoria 2	Cenário Melhoria 3
Nº médio saídas mensais	203	213	204	215
VA Time [horas]	13,33	10,00	13,32	9,93
NVA Time [horas]	0,47	0,22	0,28	0,21
Wait Time [horas]	23,35	22,48	22,92	22,30
Tempo no servidor [horas]	37,14	32,61	36,51	32,51
WIP	64	57	63	55

No primeiro cenário de melhoria, é possível verificar um aumento do número médio de viaturas reparadas mensalmente, bem como reduções em NVAT, WT, tempo total de processamento e do WIP, devido à inclusão das metodologias *lean* e inclusão da *checklist* de processos.

O cenário 2, relativamente ao cenário 1, não é tão impactante nos indicadores em estudo, por ser uma melhoria localizada, ou seja, afeta apenas a jusante da cadeia de processamento e num único processo. Contudo, verificam-se melhorias a nível da redução do NVAT em 40%.

Após análise dos resultados obtidos, é possível concluir que o Cenário 3 representa a hipótese mais benéfica, não só por incluir todas as melhorias sugeridas, bem como, pelo facto de reduzir o NVAT em 55%, o WT em 5%, o tempo total no servidor em 12%, reduzir o WIP em 14% e aumentar o número de saídas médias mensais em 6%, em relação ao estado atual de funcionamento da oficina de colisão.

6 Conclusão

No presente capítulo são apresentados os resultados obtidos através da simulação da aplicação das propostas de melhoria, constatações efetuadas, bem como propostas para trabalhos futuros e outras sugestões de melhoria passíveis de implementação na organização.

6.1 Análise de resultados

O caso de estudo da presente dissertação, tinha como objetivo essencial a identificação oportunidades de melhoria nos processos do Departamento de Colisão da Carclasse filial de Lisboa, e estudo do impacto das mesmas na cadeia produtiva, com recurso à aplicação de ferramentas de apoio ao pensamento *Lean*. Por se tratar de uma oficina de colisão, foi identificada uma elevada variabilidade nos tempos de processamento das viaturas nas várias fases da reparação, o que torna o estudo de simulação num forte aliado na quantificação de ganhos e monitorização de diversos indicadores, resultantes da implementação das sugestões de melhoria.

Numa primeira fase foram observados os processos diários da oficina de Colisão da Carclasse filial de Lisboa, no sentido de analisar onde se encontrava o valor acrescentado e o desperdício. O objetivo foi alcançado à custa do mapeamento dos processos, análise da cadeia de valor, bem como da análise de reclamações, dado que o cliente é um fator chave na equação do processamento da oficina, pois, é este que dita o significado de qualidade e valor do serviço. Deste modo, as reclamações permitem identificar quais os aspetos que têm maior influência, na criação de valor para o cliente final.

Posteriormente, foram apresentadas sugestões de melhoria aos processos produtivos, de modo a atingir o objetivo da investigação. Contudo, para evitar a disrupção nos processos atuais da oficina, as sugestões de melhoria foram simuladas no *software* ARENA, tendo sido definidos indicadores chave de desempenho e avaliada a evolução dos mesmos para cada cenário de melhoria.

Por fim, através dos resultados obtidos, foi possível identificar que existe uma mais-valia na orientação para o processo e monitorização por secção, existindo um maior e mais eficaz controlo da qualidade das reparações realizadas.

6.2 Análise das perguntas de investigação

O estudo efetuado permite assim responder às perguntas de investigação colocadas nesta dissertação. Relembrando estas questões, respondeu-se de forma sucinta a cada uma.

- QI 1: A organização interna da oficina de colisão da Carclasse filial de Lisboa vai ao encontro do *Lean Thinking*?

No subcapítulo 3.4.1, identificaram-se os desperdícios críticos do processo. Os dois tipos de desperdício, identificados como os mais críticos e que vão afetar diretamente o conceito de valor para o cliente, são o Retrabalho/Defeitos e a Espera.

O Retrabalho é causa de alguns erros ou falhas de controlo da qualidade a nível das reparações, revelando-se como um desperdício crítico para o processo, dado que, também induzirá à Espera, na medida em que, as viaturas que sejam identificadas como retrabalho irão ter uma prioridade superior às restantes e serão processadas em primeiro lugar nas filas de espera, o que induzirá ao atraso de outros trabalhos. A esta situação, acresce o facto de que o cliente terá de aguardar mais tempo pela conclusão da reparação, e o facto de algumas viaturas serem entregues ao cliente com falhas na reparação, o que levará à insatisfação do mesmo. Neste sentido, torna-se necessário implementar medidas para redução deste desperdício e sua monitorização.

Contudo, um planeamento incorreto do trabalho em espera ou, em alguns casos face às circunstâncias atuais de falta de componentes de substituição, poderão verificar-se atrasos (Espera) em viaturas que estejam a aguardar peças na secção de Mecânica ou de Chapa. Estas situações irão causar maiores filas de espera e uma dificuldade acrescida em manter o cliente satisfeito durante todo o processo.

Neste âmbito, é possível afirmar que a organização interna da oficina de colisão da Carclasse filial de Lisboa, neste momento; não vai ao encontro do *Lean Thinking*, devido aos desperdícios identificados no dia-a-dia e cultura atual da empresa.

- QI 2: A aplicação de ferramentas *lean* pode criar valor acrescentado para o cliente, através do aumento da eficiência e organização dos processos produtivos da oficina de colisão da Carclasse de Lisboa?

A aplicação de ferramentas *lean* pode, de facto, criar valor acrescentado para o cliente devido ao aumento da eficiência e organização dos processos produtivos da oficina de colisão da Carclasse filial de Lisboa, devido à possível implementação melhorias sugeridas e redução de desperdícios determinada. A eficiência do processo

pode ser medida através da redução do NVAT que se encontra ligado aos tempos de espera, um dos desperdícios críticos identificados.

A simulação torna-se uma forte aliada na resposta a esta questão, dado que, através dos resultados obtidos é verificada uma redução de 14% do tempo total de processamento e de 55% do NVAT, o que permite um aumento de 6% do número de reparações concluídas com sucesso quando comparado com o estado atual para a mesma faixa temporal.

Assim, ao aumentar a eficiência do processo, as viaturas ficarão totalmente reparadas e prontas para entrega num menor tempo que no estado atual, criando assim maior valor para o cliente.

➤ QI 3: A otimização do controlo de qualidade e introdução de controlos de qualidade por secção, diminuirá o retrabalho?

A implementação de *checklists* de controlo de processos nas secções de Mecânica, Chapa e Pintura permite um maior envolvimento dos operadores no processo, assim como uma maior sensibilidade para o detalhe, devido à necessidade de documentação e validação da qualidade da reparação efetuada em cada posto de trabalho. A reformulação da *checklist* do Controlo de Qualidade resulta numa maior objetividade deste processo, que aliada ao controlo de qualidade por secção, resultará numa maior eficiência desta secção chave.

Assim, existe a garantia de que existe uma redução da acumulação de não conformidades até ao controlo de qualidade final, o que irá resultar em correções mais céleres e num menor número de reparações não conformes. Como tal, é possível afirmar que a otimização do controlo de qualidade e a introdução de controlos de qualidade por secção, diminuirá o retrabalho, devido à maior eficiência de controlo e monitorização dos processos, acrescida de uma maior taxa de conformidade no controlo de qualidade final, por via das melhorias sugeridas.

6.3 Limitações do estudo

O estudo realizado apresenta algumas limitações, como o facto de não serem contempladas situações afetas aos recursos que condicionam a capacidade da oficina, tais como: períodos de férias; baixas; pausas para lanches e almoços; movimentação de viaturas; atrasos ou falha na chegada de materiais, etc. Neste tipo de casos, será necessário alterar manualmente o modelo, para espelhar as alterações.

Os atrasos no decorrer dos trabalhos por falta de componentes, falhas no orçamento ou aditamentos, também não se encontram retratados no modelo, sendo que são situações que são frequentes em operações de desmontagem.

O facto de se recorrer a dados recolhidos do DMS, ao invés da medição dos mesmos no local, implica que sejam introduzidos erros no modelo, na medida em que as picagens dos técnicos podem não corresponder à completa realidade, devido a possíveis esquecimentos ou imprevistos.

Relativamente ao impacto das melhorias, foi tomado como base, um valor percentual de melhoria da eficiência do processo, proveniente de um artigo científico, de modo a não criar disrupção no fluxo atual da oficina. No entanto, sugere-se a medição do impacto das mesmas no local, após a fase de implementação.

6.4 Propostas de trabalhos futuros

Ao longo do trabalho foram identificadas oportunidades para trabalhos futuros, que permitem complementar o caso de estudo efetuado.

Com o presente estudo e simulações, poderá ser feita a extrapolação para todos os modelos das marcas representadas pela Carclasse, bem como para todos os tipos de reparações, de modo a garantir a transversalidade do modelo para qualquer ocorrência na Oficina de Colisão. Esta extrapolação pode ser atingida através da medição individual dos tempos reais de duração de cada microprocesso para cada modelo de cada marca, dissecando os macroprocessos em submodelos, incluindo tempos como o tempo de desmontagem de um para-choques, reparação de uma ilharga, mistura e pesagem de tintas ou pintura de uma porta.

Neste âmbito poderá também ser desenvolvido um modelo de simulação, que modele o processo abastecimento de componentes na oficina, como forma de prever atrasos de entrega ou custos associados às encomendas. Sugere-se também o desenvolvimento de outros modelos alternativos ou experimentação de outros cenários, que não tenham sido abordados.

Após implementação das melhorias poderá dar-se início à elaboração e implementação de uma base de planeamento sólida para melhoria do controlo e monitorização dos processos, orientando a cultura da oficina em prol do processo e da filosofia *Kaizen*, onde todos fazem parte da mudança diária. Estas melhorias, poderão também abrir portas a que seja dimensionado, no contexto da empresa, um departamento dedicado ao planeamento, originando uma nova secção e novos postos de emprego,

permitindo desassociar tarefas de outros colaboradores, o que garante uma maior eficiência e rigor na execução desta tarefa.

A metodologia da dissertação poderá ser aplicada a outros departamentos da Carclasse, de modo a torná-los mais eficientes, e a reduzir os desperdícios no cômputo geral da empresa.

6.5 Sugestões de melhoria para a empresa

Neste último subcapítulo, apresentam-se algumas sugestões de melhoria para a empresa, para as atividades relacionadas com o Departamento de Colisão.

A função de controlador de qualidade acumula funções de agendamento de reparações e reserva de viaturas de substituição, pelo que se sugere a abertura de um posto de trabalho para um operador de *Customer Relationship Management*, com conhecimentos no setor, para efetuar agendamentos e venda de serviços adicionais identificados durante a reparação, permitindo que o controlador de qualidade mantenha total foco nas atividades relacionadas com a monitorização da qualidade do serviço interno.

A secção de CQ não tem uma zona dedicada na oficina ou no parque, não estando prevista a atribuição de lugares de estacionamento específicos, com cobertura para prevenção de intempéries e com maior luminosidade, para que se obtenham melhores condições de observação das viaturas.

O levantamento e controlo estatístico da percentagem ou número de viaturas que não passaram no controlo de qualidade, poderiam ser automatizados no DMS, através da sinalização dos retrabalhos ao criar ordens de reparação, garantindo a digitalização da informação e uma melhor monitorização dos processos.

Por fim, sugere-se a implementação de uma fase de diagnóstico para obtenção relatórios de *Diagnostic Trouble Codes*, à entrada e saída das viaturas, o que otimizaria o controlo de qualidade, garantindo maior detalhe na intervenção e permitindo também salvaguardar o cliente e a empresa.

Referências

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Alauddin, N., & Yamada, S. (2019). Overview of Deming Criteria for Total Quality Management Conceptual Framework Design in Education Services. *Journal of Engineering and Science Research*, 3(5), 12–20. <https://doi.org/10.26666/rmp.jesr.2019.5.3>
- Allway, M., & Corbett, S. (2002). Shifting to lean service: Stealing a page from manufacturers' playbooks. *Journal of Organizational Excellence*, 21(2), 45–54. <https://doi.org/10.1002/npr.10019>
- Angelini, M., Ferro, N., Santucci, G., & Silvello, G. (2014). VIRTUE: A visual tool for information retrieval performance evaluation and failure analysis. *Journal of Visual Languages & Computing*, 25(4), 394–413. <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2013.12.003>
- Atan, A., Ozgit, H., & Silman, F. (2021). Happiness at Work and Motivation for a Sustainable Workforce: Evidence from Female Hotel Employees. *Sustainability*, 13(14), 7778. <https://doi.org/10.3390/su13147778>
- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. John Wiley & Sons, Inc.
- Banks, J., Carson II, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2009). *Discrete-Event System Simulation* (5ª Edição). Pearson.

- Bardhan, I. R., & Thouin, M. F. (2013). Health information technology and its impact on the quality and cost of healthcare delivery. *Decision Support Systems*, 55(2), 438–449. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.10.003>
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2016). *The Lean Toolbox, 5th edition. A handbook for lean transformation.*
- Biller, B., & Gunes, C. (2010). Introduction to simulation input modeling. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 49–58. Baltimore, Maryland: Winter Simulation Conference.
- Black, J. (2007). Design rules for implementing the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3639–3664. <https://doi.org/10.1080/00207540701223469>
- Block, J., & Kremen, A. M. (1996). IQ and ego-resiliency: Conceptual and empirical connections and separateness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, 349–361. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.70.2.349>
- Bowen, D. E., & Youngdahl, W. E. (1998). “Lean” service: In defense of a production-line approach. *International Journal of Service Industry Management*, 9(3), 207–225. <https://doi.org/10.1108/09564239810223510>
- Cheng, C.-Y., & Chang, P.-Y. (2012). Implementation of the Lean Six Sigma framework in non-profit organisations: A case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(3–4), 431–447. <https://doi.org/10.1080/14783363.2012.663880>
- Choi, M. (2011). Employees’ attitudes toward organizational change: A literature review. *Human Resource Management*, 50(4), 479–500. <https://doi.org/10.1002/hrm.20434>
- Chung, C. A. (2019). *Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach.* CRC Press.

- Erlach, K. (2007). *Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik*.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-37192-2>
- Hammann, J. E., & Markovitch, N. A. (1995). Introduction to Arena [simulation software]. *Winter Simulation Conference Proceedings, 1995.*, 519–523.
<https://doi.org/10.1109/WSC.1995.478785>
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249.
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2008). *Staying Lean: Thriving, Not Just Surviving*. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre, Cardiff University.
- Hirano, H. (1996). *5S for Operators* (1st Edition). Productivity Press.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Höök, M., & Stehn, L. (2008). Lean principles in industrialized housing production: The need for a cultural change. *Lean Construction Journal*, 2008.
- Hsu, H. P. (2020). *Schaum's Outline of Probability, Random Variables, and Random Processes*. McGraw-Hill Education.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy, Second Edition*. Obtido de <https://www.mheducation.com/highered/product/gemba-kaizen-commonsense-approach-continuous-improvement-strategy-second-edition-imai/9780071790352.html>
- Jaca, C., Viles, E., Paipa-Galeano, L., Santos, J., & Mateo, R. (2014). Learning 5S principles from Japanese best practitioners: Case studies of five manufacturing

- companies. *International Journal of Production Research*, 52(15), 4574–4586.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2013.878481>
- Jacobs-Blecha, C., Ammons, J. C., Schutte, A., & Smith, T. (1998). Cut order planning for apparel manufacturing. *IIE Transactions*, 30(1), 79–90.
<https://doi.org/10.1080/07408179808966439>
- Jagusiak-Kocik, M. (2017). PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company—A case study. *Production Engineering Archives, Vol. 14*.
 Obtido de <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-d32f115f-abac-4be1-a931-84a85bf48ab3>
- Jones, S. (2005). Toward an acceptable definition of service [service-oriented architecture]. *IEEE Software*, 22(3), 87–93. <https://doi.org/10.1109/MS.2005.80>
- Karagoz, D., & Aktas Altunay, S. (2015). *Triangle Distribution for Positively Skewed Data*. 10. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/311309455_Triangle_Distribution_for_Positively_Skewed_Data
- Kelton, D., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2003). *Simulation With Arena*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Kiran, D. R. (2020). Chapter 11—Kaizen and continuous improvement. Em D. R. Kiran (Ed.), *Work Organization and Methods Engineering for Productivity* (pp. 155–161). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819956-5.00011-X>
- Law, A. M. (2008). How to build valid and credible simulation models. *Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation*, 39–47. Miami, Florida: Winter Simulation Conference.

- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modelling and Analysis* (2nd Edition). New York: McGraw-Hill.
- Lee, J., Kao, H.-A., & Yang, S. (2014). Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- Lingareddy, H., Reddy, G. S., & Jagadeshwar, K. (2013). *5S as a Tool and Strategy for Improvising the Workplace*. 3.
- Machado, F. M. (2019). *Gestão por processos orientada ao lean thinking e à teoria do stakeholder: Estudo de caso em uma instituição federal de ensino*.
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2011). *Metodologias para implementar Lean Production: Uma revisão critica de literatura*. Edições INEGI. Obtido de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>
- Maleyeff, J. (2006). Exploration of internal service systems using lean principles. *Management Decision*, 44(5), 674–689. <https://doi.org/10.1108/00251740610668914>
- Martens, J. (2004). Two genetic algorithms to solve a layout problem in the fashion industry. *European Journal of Operational Research*, 154(1), 304–322. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00706-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00706-3)
- Meier, D., & Liker, J. K. (2005). *Toyota Way Fieldbook—A Practical Guide For Implementing Toyota'S 4ps*. MCGRAW-HILL EDUCATION - EUROPE.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Müller, D. (2007). *Processos Estocásticos e Aplicações* (1.^a ed.). Almedina.

- Mullins, L. J. (2010). *Management & Organizational Behaviour* (9th Edition). Prentice Hall.
- Naciri, L., Mouhib, Z., Gallab, M., Nali, M., Abbou, R., & Kebe, A. (2022). Lean and industry 4.0: A leading harmony. *Procedia Computer Science*, 200. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.238>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Ortiz, C. (2006). Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line. *Assembly Automation*, 27(1). <https://doi.org/10.1108/aa.2007.03327aae.001>
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control*, 17(1), 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>
- Piercy, N., & Rich, N. (2009). Lean transformation in the pure service environment: The case of the call service centre. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(1–2), 54–76. <https://doi.org/10.1108/01443570910925361>
- Pinto, J. P. (2014). *PENSAMENTO LEAN - A filosofia das organizações vencedoras* (6ª edição). LIDEL.
- Radnor, Z. (2010). Transferring Lean into government. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21, 411–428. <https://doi.org/10.1108/17410381011024368>
- Rother, M., Shook, J., Womack, J., & Jones, D. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA* (1st edition). Boston: Lean Enterprise Institute.

- Schmidt, R. E., & Taylor, J. W. (1970). *Simulation and Analysis of Industrial Systems*.
Richard D. Irwin.
- Schriber, T. J. (1987). *The Nature and Role of Simulation in the Design of Manufacturing Systems*. (J. Retti and K. E. Wichmann). Society for Computer Simulation.
- Shimbun, N. K. (1995). *Visual Control Systems*. Productivity Press.
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. (2010). Quality improvement methodologies—
PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*, 43(1), 476–483.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing
Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Sztrik, J. (2016). *Basic Queueing Theory: Foundations of System Performance Modeling*.
GlobeEdit. Obtido de
https://irh.inf.unideb.hu/~jsztrik/education/16/SOR_Main_Angol.pdf
- Tamher, S. D., Rachmawaty, R., & Erika, K. A. (2021). The effectiveness of Plan Do
Check Act (PDCA) method implementation in improving nursing care quality: A
systematic review. *Enfermería Clínica*, 31, S627–S631.
<https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2021.07.006>
- Tempelman, J. H., & Schildmeijer, R. (2020). *LEAN in practice* (6th Edition). The Lean
Six Sigma Company.
- Tyagi, S., Cai, X., Yang, K., & Chambers, T. (2015). Lean tools and methods to support
efficient knowledge creation. *International Journal of Information Management*,
35(2), 204–214. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.12.007>

- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Vickers, M., & Kouzmin, A. (2001). Resilience in organizational actors and rearticulating “voice”: Towards a Humanistic Critique of New Public Management. *Public Management Review - PUBLIC MANAG REV*, 3, 95–119. <https://doi.org/10.1080/14616670010009478>
- Villiers, F. D. (2008). The Illustrated Lean Agile and World Class Manufacturing Cookbook. Obtido 6 de janeiro de 2022, de Scribd website: <https://www.scribd.com/doc/5396036/The-Illustrated-Lean-Agile-and-World-Class-Manufacturing-Cookbook-2008-08-20>
- Vincent, S. (1998). Input Data Analysis. Em *Handbook of Simulation* (pp. 53–91). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470172445.ch3>
- Waring, J. J., & Bishop, S. (2010). Lean healthcare: Rhetoric, ritual and resistance. *Social Science & Medicine*, 71(7), 1332–1340. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.06.028>
- website Insite Solutions LLC. (2022). 5S & Lean Resources. Obtido 12 de outubro de 2022, de <https://stop-painting.com/visual-organization-resources/>
- website Lean Products EU. (2022). The implementation steps of 5S method. Obtido de www.leanproducts.eu
- website LEANBOX. (2022). 5s [5S: Um ambiente cómodo e produtivo]. Obtido 21 de outubro de 2022, de LEANBOX website: <https://leanbox.pt/o-que-fazemos/sistemas-de-producao-lean/5s/>

- website Logistik KNOWHOW. (2022). Lean management: The 5S-method. Obtido 12 de outubro de 2022, de Logistik KNOWHOW website: <https://logistikknowhow.com/en/energy-and-environment/7634-2/>
- Wilson, L. (2015). *How To Implement Lean Manufacturing* (2.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press. Obtido de <https://www.scribd.com/book/224258693/Lean-Thinking-Banish-Waste-and-Create-Wealth-in-Your-Corporation>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production—Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. Simon and Schuster. Obtido de <https://books.google.pt/books?id=9NHmNCmDUUoC>
- Yin, R. K. (2003). *Estudo de caso. Planejamento e Métodos* (2^a Edição; D. Grassi, Trad.). Porto Alegre: Bookman.

Anexo II – Método *Input Analyzer*

A ferramenta *Input Analyzer* do software ARENA, pode ser selecionada através do menu *Tools > Input Analyzer*, conforme representado na Figura A2 - 1.

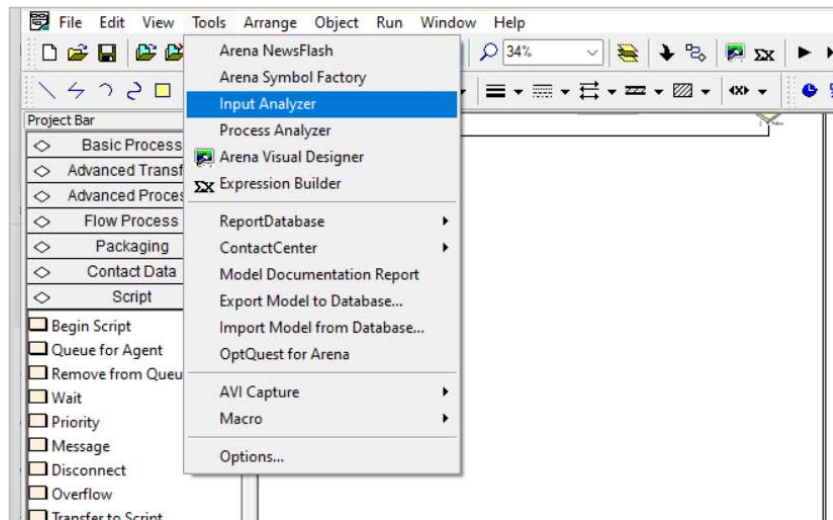


Figura A2 - 1: Seleção da ferramenta *Input Analyzer*.

Segundo Kelton *et al.* (2003), a utilização do *Input Analyzer*, compreende quatro passos essenciais. Para ilustrar estes passos, recorreu-se aos dados recolhidos para o processos da secção de Chapa, como exemplo.

O primeiro passo, consiste na criação de um ficheiro de texto (*text file*), que contenha os dados recolhidos, como exemplificado na Figura A2 - 2.

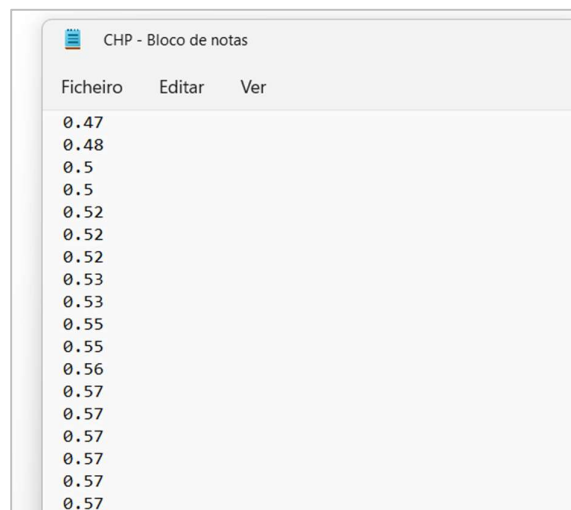


Figura A2 - 2: Criação *text file*.

O segundo passo, contempla a realização do ajustamento a uma, ou mais, distribuições de probabilidade. Para tal, os dados armazenados no ficheiro de texto, devem ser carregados através da opção *Data File > Use Existing* (Figura A2 - 3).

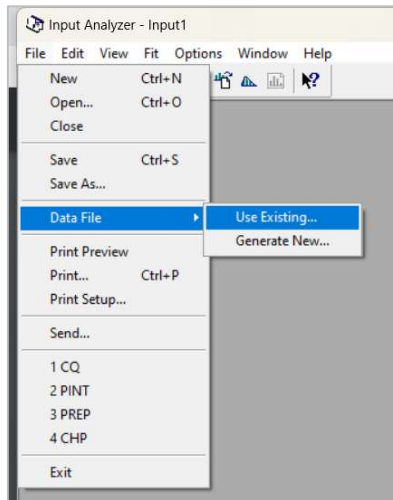


Figura A2 - 3: Utilização de ficheiro de texto pré existente.

Posteriormente, selecciona-se a opção *Fit All* (Figura A2 - 4).

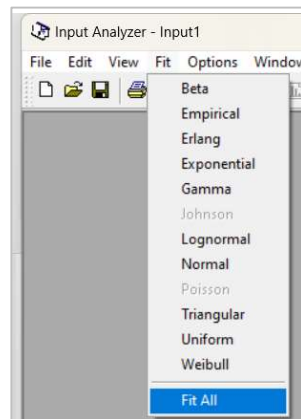


Figura A2 - 4: Seleção da opção *Fit All*.

Desta forma, o *Input Analyzer* cria automaticamente um histograma dos dados (Figura A2 - 5) e efetua o ajustamento dos mesmos a uma distribuição à escolha ou à distribuição que apresentar o menor erro quadrático médio.

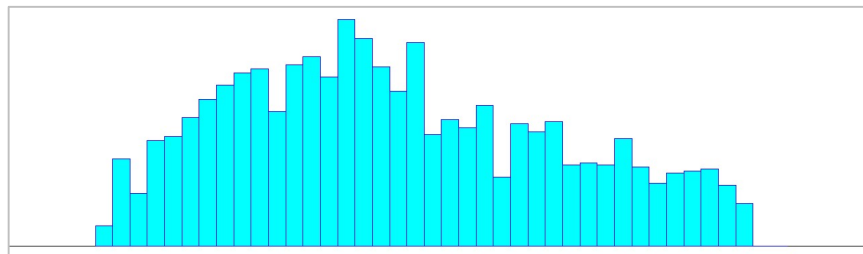
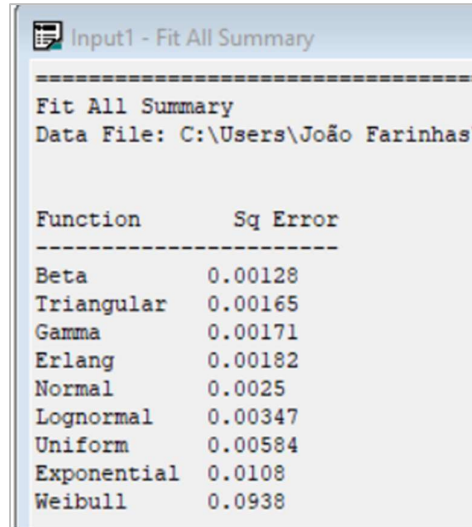


Figura A2 - 5: Histograma dos dados obtidos.

O quarto passo, consiste em selecionar a distribuição que melhor se adequa ao conjunto de dados, mediante o critério do erro quadrático médio. Deste modo, deve aceder-se à opção *Window > Fit All Summary*, para consulta da lista ordenada, pelo menor erro quadrático, gerada pelo *Input Analyzer* (Figura A2 - 6).



Function	Sq Error
Beta	0.00128
Triangular	0.00165
Gamma	0.00171
Erlang	0.00182
Normal	0.0025
Lognormal	0.00347
Uniform	0.00584
Exponential	0.0108
Weibull	0.0938

Figura A2 - 6: Erro quadrático obtido por distribuição probabilística.

O quarto passo, consiste na recolha da expressão obtida e aplicação da mesma nos processos do modelo construído, no *software* ARENA. Para tal, recorre-se à opção *Curve Fit Summary* da distribuição probabilística com menor erro quadrático associado, de acordo com o passo 3 (Figura A2 - 7). De seguida, copia-se a expressão que melhor se ajusta aos dados de *input* através da opção do *Edit > Copy Expression*, e cola-se no local desejado dentro do modelo.



Distribution:	Beta
Expression:	7 * BETA(1.6, 2.06)
Square Error:	0.001278

Figura A2 - 7: Equação da distribuição de probabilidade obtida.

Contudo, o *Input Analyzer* apenas sugere qual, ou quais, as distribuições de probabilidade que melhor se ajustam a um dado conjunto de dados, cabendo ao responsável pela modelação do *input* selecionar a melhor distribuição (Kelton *et al.*, 2003).

Anexo III – Checklist “Controlo de Processos – Colisão”

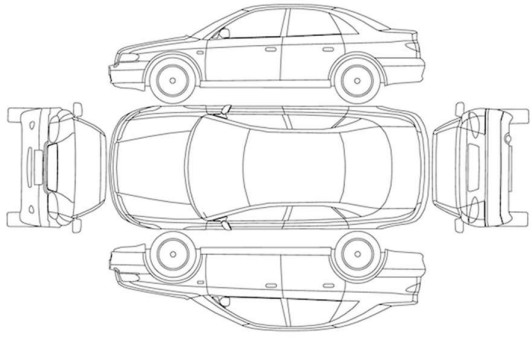
Carclasse		CONTROLO DE PROCESSOS - COLISÃO	
WIP:	Matrícula	Nº RAC	Duração (dias)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Data início reparação	Data prevista entrega	Aditamento	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
<i>Check-List Controlo de Qualidade</i>			
Zonas a Reparar (a preencher CQ)		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 60%;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Observações</p> <p>Exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Local onde a viatura está parqueada * Danos na viatura (não contemplados no sinistro) * Pedidos adicionais do cliente </div> </div>	
Pontos de Validação Intermédia		OK	Não OK
		✓	X
Conformidade das Peças Aplicadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Folgas nas Peças Aplicadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Funcionamento de Componentes Eléctricos (Faróis, sensores, etc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Posicionamento das borrachas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pontos de soldadura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pontos aparafusados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Acabamentos Chapa (Ondulações)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Aprovado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Assinatura Chefe Secção:
Pontos de Validação Intermédia		OK	Não OK
		✓	X
Escorridos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Manchas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rugosidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pontos de sujidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Riscos ou estrias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Falta de cor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sinais de pintura fora da zona pintada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sinais de polimento irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Aprovado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Assinatura Chefe Secção:
NOTAS			

Figura A3 – Checklist Controlo de Processos – Colisão (Sugestão de melhoria)

Anexo IV - Checklist "Controlo de Qualidade - Colisão"

Carclasse		CONTROLO DE QUALIDADE - COLISÃO			
WIP:		Matrícula		Nome (Controlador Qualidade)	
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Quilometragem		Data do Controlo		Hora início	
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>	
<i>Check-List Controlo de Qualidade</i>					
Exterior da Viatura (Geral)	Pontos de Validação Exterior da Viatura		OK	Não OK	Observações:
	Conformidade das Peças Aplicadas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Verificação borrachas adjacentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Folgas nas Peças Aplicadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Verificação <i>spray</i> nas zonas adjacentes às zonas pintadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Estado dos pneus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Inspeção visual estado dos discos travão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Verificação de nível óleo motor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Verificação de nível líquido limpa pára-brisas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Estado geral após lavagem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Exterior da Viatura (Pintura)	Pontos de Validação Pintura		OK	Não OK	Observações:
	Escorridos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Manchas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Rugosidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Pontos de sujidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Riscos ou estrias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Falta de cor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Sinais de pintura fora da zona pintada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Sinais de polimento irregular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Interior da Viatura	Pontos de Validação Interior Viatura		OK	Não OK	Observações:
	Kit Emergência (Macaco/Colete/Pneu Suplente/Triângulo)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Avisos Painel de Instrumentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Verificação nível AdBlue (se aplicável)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Limpa para-brisas e esguicho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Funcionamento A/C (frio e quente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Verificar presença de ruídos de funcionamento fora do normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Estado da limpeza interior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Validação Final		SIM	NÃO	Assinatura CQ	
Aprovado?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
NOTAS					

Figura A4 - Checklist "Controlo de Qualidade - Colisão" (Sugestão de melhoria)