



# **INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR AUTOMÓVEL ? DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA OS CONCESSIONÁRIOS AUTOMÓVEIS**

**RÚBEN JOSÉ SOUSA BESSA**

novembro de 2021

# **INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR AUTOMÓVEL – DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA OS CONCESSIONÁRIOS AUTOMÓVEIS**

Rúben José Sousa Bessa

**2021**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica





# **INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR AUTOMÓVEL – DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA OS CONCESSIONÁRIOS AUTOMÓVEIS**

Rúben José Sousa Bessa  
1141183

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, ramo Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Pinto Ferreira.

**2021**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica





# JÚRI

## **Presidente**

Professor Doutor António Manuel Pereira da Silva Amaral

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

Mestre/ Especialista Teresa Maria Leitão Dieguez

Professora Adjunta Convidada, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave



## AGRADECIMENTOS

Findado mais um capítulo da minha vida académica e pessoal, quero manifestar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que contribuíram, de forma direta ou indiretamente, para o cumprimento deste objetivo pessoal.

Começo por salutar o Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, por todo o apoio, orientação, profissionalismo e rigor que sempre despendeu para me auxiliar na execução da minha dissertação.

Quero também agradecer à Dra. Jéssica Sá e ao Professor Doutor Juan Martin Garcia, da Universidade Politécnica da Catalunha, pela amabilidade e disponibilidade de esclarecimento de qualquer tipo de dúvida relacionada com o *software* utilizado para o desenvolvimento do modelo. A todos os entrevistados que se mostraram disponíveis para colaborar, com especial destaque para o Engenheiro Rui Sampaio por todo o suporte técnico relacionado com a área em questão.

Ao meu colega de curso, companheiro e amigo Luís Bernardes por todo o apoio prestado, quer a nível académico, quer a nível pessoal, uma vez que o seu companheirismo, amizade e a sua solidariedade permitiram-me derrubar obstáculos e atingir os meus objetivos.

Aproveito também para agradecer ao meu Pai e à minha Mãe, por todo o apoio, sacrifício pessoal e confiança passada em todos os momentos, principalmente nas fases mais conturbadas. Ao Marlon também.

Por fim, à Rosalina por ser um dos pilares mais importantes da minha vida e por me guiar, ajudar e incentivar a superar todo o tipo de obstáculos. Obrigado por tudo.



## **PALAVRAS-CHAVE**

Indústria 4.0; Setor automóvel; Simulação; Dinâmica de sistemas; Ferramenta de apoio à decisão; Concessionários automóveis.

## **RESUMO**

O conceito de indústria 4.0 veio para ficar e promete revolucionar de forma transversal as Indústrias no seu geral. Além de proporcionar melhorias nos processos organizacionais e produtivos das empresas, permite também uma maior clarividência na tomada de decisão, contribuindo com variadíssimas ferramentas e soluções para que tal ocorra.

Dada a importância do setor automóvel, este não ficou alheio aos pilares da Indústria 4.0 e tem vindo a reunir esforços para efetivar a mudança de paradigma. Os concessionários automóveis, uma parte muito importante do setor, podem também vir a beneficiar com a implementação dos conceitos e esta dissertação tem como objetivo implementar uma ferramenta de apoio à decisão, tendo por base os conceitos da Indústria 4.0, nomeadamente a simulação e a dinâmica de sistemas, que permita avaliar quais são os parâmetros que influenciam a venda de automóveis em Portugal e com isso perceber os potenciais ganhos económicos para as empresas do setor, em função da estratégia socioeconómica, da missão e dos valores de cada uma.

Para modelar o sistema de apoio à decisão, realizaram-se várias entrevistas a responsáveis pelo setor comercial dos automóveis de diferentes concessionários, permitindo assim parametrizar o modelo de acordo com os fatores de maior influência, tendo sido também avaliada toda a literatura existente sobre esta temática.

Por fim, a análise dos resultados obtidos permitiu ponderar sobre as políticas comerciais dos concessionários, sobre a validade do modelo e quais os ajustes a efetuar para que as mesmas tenham o máximo de rentabilidade para a empresa.



**KEYWORDS**

*Industry 4.0; Automotive sector; Simulation; System dynamics; Decision support tool; Car dealerships.*

**ABSTRACT**

*The concept of industry 4.0 is here to stay and promises to revolutionize across industries in general. In addition to providing improvements in the companies' organizational and production processes, it also allows for greater clarity in decision-making, contributing with a wide range of tools and solutions for this to occur.*

*Given the importance of the automotive sector, it was not strange to the pillars of industry 4.0 and has been joining forces to make this paradigm shift happen. Car dealerships, a very important part of the sector, can also benefit from the implementation of the concepts and this dissertation aims to implement a decision support tool, based on the concepts of industry 4.0, which allows to assess which are the parameters that influence the sale of cars in Portugal and thus bring potential economic gains to companies in the sector, depending on the socio-economic strategy, mission and values of each one.*

*To model the decision support system, several interviews were carried out with those responsible for the commercial sector of automobiles from different dealers, thus allowing the model to be parameterized according to the factors of greatest influence, and all existing literature on this subject was also evaluated.*

*Finally, the analysis of the results obtained allowed us to consider the commercial policies of the concessionaires and what adjustments to make so that they have maximum profitability for the company.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

3D	Três dimensões
ABS	Acrilonitrilo-butadieno-estireno
ACAP	Associação do Comércio Automóvel de Portugal
ACEA	European Automobile Manufacturers' Association
CAD	Computer Aided Design
CPS	Cyber- physical Production Systems
FBCF	Formation Brute de Capital Fixe
GUI	Graphical User Interface
INE	Instituto Nacional de Estatística
IoT	Internet of Things
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
MPPT	Maximum Power Point Tracking
PET	Polietileno tereftalato
PIB	Produto Interno Bruto
PLA	Poliácido láctico
PORDATA	Base de Dados de Portugal Contemporâneo
RFID	Radio Frequency Identification
SMA	Shape-Memory Alloy
SMP	Shape-Memory Polymer
TPE	Thermoplastic elastomer
TPU	Thermoplastic Polyurethane
VAG	Volkswagen Audi Group
VSM	Value Stream Mapping

### Lista de Unidades

EB	Exabytes
----	----------

### Lista de Símbolos

€	Euros
---	-------







## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - OS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0 (ADAPTADO DE: VAIDYA ET AL., 2018). .....	35
FIGURA 2 - EMPRESAS QUE RECORRERAM AO <i>BIG DATA</i> , EM PORTUGAL, COM DEZ OU MAIS FUNCIONÁRIOS. (RETIRADO DE INE, 2020A). .....	37
FIGURA 3 - GRUPOS DE MATERIAIS E ALGUNS EXEMPLOS DE APLICABILIDADE DA IMPRESSÃO 3D (ADAPTADO DE: DILBEROGLU ET AL., 2017). .....	39
FIGURA 4 - REALIDADE AUMENTADA NUMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMÓVEL (RETIRADO DE: AGGARWAL & SINGHAL, 2019). .....	41
FIGURA 5 – GRÁFICO DO ÍNDICE MENSAL DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE PORTUGAL, ENTRE 2016 E 2020 (ADAPTADO DE INE, 2020B). .....	51
FIGURA 6 - REGISTO DE VEÍCULOS MOTORIZADOS ENTRE 2014 E 2019 (ADAPTADO DE PORDATA, 2020). .....	52
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO DO VOLUME DE NEGÓCIOS POR SUBSETOR EM PORTUGAL (RETIRADO DE JORDÃO, 2019). .....	52
FIGURA 8 – ESQUEMA SUMÁRIO DA METODOLOGIA APLICADA. ....	59
FIGURA 9 - PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A INTENÇÃO DE COMPRA. ....	63
FIGURA 10 - SEQUENCIAÇÃO LÓGICA DE ETAPAS PARA A CONSTRUÇÃO DO MODELO. ....	67
FIGURA 11 - DIAGRAMA DE LOOP CASUAL. ....	70
FIGURA 12 - SUBMODELO REPRESENTATIVO DO BALANÇO FINANCEIRO. ....	81
FIGURA 13 - SUBMODELO REFERENTE ÀS UNIDADES COMPRADAS JUNTO DOS FABRICANTES. ....	82
FIGURA 14 - SUBMODELO DA CRIAÇÃO DE PROCURA. ....	83
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE <i>STOCK-FLOW</i> . ....	84
FIGURA 16 - EXEMPLO DA PARAMETRIZAÇÃO DO UTILIZADOR DA VARIÁVEL <i>CONSUMPTION</i> . ....	85
FIGURA 17 - EXEMPLO DA PARAMETRIZAÇÃO DO UTILIZADOR DAS VARIÁVEIS FINANCEIRAS. ....	85
FIGURA 18 - COMANDOS DE PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO. ....	86
FIGURA 19 - GRÁFICO DINÂMICO DO MODELO. ....	87
FIGURA 20 - GRÁFICOS PRÉ-DEFINIDOS NO MODELO. ....	88
FIGURA 21 - TABELA DISPONIBILIZADA PELO SOFTWARE, COM DADOS DE UMA SIMULAÇÃO DAS VARIÁVEIS <i>CAR PRICE</i> E <i>TOTAL COST</i> . ....	89
FIGURA 22 - DIAGRAMA DE CAUSAS DA VARIÁVEL <i>FINANCING</i> . ....	90
FIGURA 23 - DIAGRAMA DE USOS DA VARIÁVEL <i>BRAND EQUITY</i> . ....	91
FIGURA 24 - COMPARAÇÃO GRÁFICA ENTRE OS VALORES REAIS E OS SIMULADOS, PARA A VARIÁVEL CUSTO TOTAL POR UNIDADE. ....	93
FIGURA 25 - COMPARAÇÃO GRÁFICA ENTRE OS VALORES REAIS E OS SIMULADOS, PARA A VARIÁVEL PREÇO DO VEÍCULO POR UNIDADE. ....	95
FIGURA 26 - COMPARAÇÃO GRÁFICA ENTRE OS VALORES REAIS E OS SIMULADOS, PARA A VARIÁVEL LUCRO OBTIDO POR MÊS. ....	97
FIGURA 27 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE SIMULAÇÃO DO CENÁRIO 1 E 2. ....	99
FIGURA 28 - COMPARAÇÃO GRÁFICA ENTRE O CENÁRIO 1 E 2. ....	100
FIGURA 29 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE SIMULAÇÃO DO CENÁRIO 2 E 3. ....	102
FIGURA 30 - COMPARAÇÃO GRÁFICA ENTRE O CENÁRIO 2 E 3. ....	103



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO PRÁTICA DOS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0. ....	43
TABELA 2 - PRINCIPAIS FABRICANTES DO SETOR AUTOMÓVEL EM PORTUGAL (ADAPTADO DE JORDÃO, 2019).....	50
TABELA 3 - QUANTIDADE DE VEÍCULOS EXPORTADOS NO ANO DE 2019 E 2020, POR PORTUGAL (ADAPTADO DE ACAP, 2020). ....	53
TABELA 4 - DADOS RECOLHIDOS DO CASO DE ESTUDO. ....	64
TABELA 5 - PRINCIPAIS PARÂMETROS DO MODELO DESENVOLVIDO. ....	68
TABELA 6 - DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO. ....	71
TABELA 7 - DESCRIÇÃO DOS STOCKS DO MODELO. ....	80
TABELA 8 - COMPARAÇÃO DE VALORES ENTRE OS DADOS REAIS E OS SIMULADOS.....	92
TABELA 9 - <i>MAPE</i> PARA A VARIÁVEL CUSTOS TOTAIS POR UNIDADE. ....	94
TABELA 10 - <i>MAPE</i> PARA A VARIÁVEL PREÇO DO VEÍCULO POR UNIDADE.....	95
TABELA 11 - <i>MAPE</i> PARA A VARIÁVEL LUCRO OBTIDO POR MÊS.....	97
TABELA 12 - VARIÁVEIS ALTERADAS DO CENÁRIO 1 PARA O CENÁRIO 2.....	99
TABELA 13 - VARIÁVEIS ALTERADAS DO CENÁRIO 2 PARA O CENÁRIO 3.....	100
TABELA 14 - QUANTIDADE DE VEÍCULOS EXPORTADOS NO ANO DE 2019 E NO ANO DE 2020, POR PORTUGAL, TABELA DETALHADA. (ADAPTADO DE ACAP, 2020).....	128



# ÍNDICE

RESUMO .....	IX
ABSTRACT .....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVII
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIX
1. INTRODUÇÃO .....	27
1.1. Enquadramento e pertinência .....	27
1.2. Objetivos da dissertação .....	28
1.3. Metodologia de investigação .....	28
1.4. Estrutura da dissertação .....	29
2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	33
2.1. A Indústria 4.0.....	33
2.2. Os pilares da indústria 4.0.....	34
2.2.1. <i>Internet of Things</i> .....	35
2.2.2. <i>Big Data</i> .....	36
2.2.3. A tecnologia de radiofrequência .....	37
2.2.4. Sistemas integrados. O espaço, a produção e a segurança cibernética .....	38
2.2.5. A produção aditiva .....	38
2.2.6. A robótica .....	39
2.2.7. A realidade virtual e a realidade aumentada .....	40
2.2.8. A simulação .....	41
2.3. A importância da indústria 4.0 no setor automóvel .....	42
2.4. A importância económica do setor automóvel em Portugal .....	50
2.4.1. Produção e procura do setor automóvel nacional .....	50
2.4.2. O contexto do setor automóvel nacional a nível externo .....	53
3. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DESENVOLVIDO.....	57
3.1. Enquadramento geral .....	57
3.2. Critério lógico aplicado .....	58

3.3.	Desenvolvimento do modelo .....	60
3.3.1.	Identificação dos principais desafios do setor comercial automóvel.....	60
3.3.2.	Os parâmetros que influenciam as vendas de automóveis pelos concessionários.....	61
3.3.3.	Método do caso de estudo - Entrevistas.....	63
3.4.	Modelo conceptual .....	67
3.4.1.	Descrição e explicação das variáveis do modelo.....	71
3.4.2.	Diagrama Stock-Flow.....	80
3.5.	Ajuste das parametrizações do sistema por parte do utilizador.....	84
3.6.	Validação do modelo com sistema real .....	91
3.7.	Análise e comparação de cenários.....	98
3.8.	Considerações finais.....	103
4.	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	107
4.1.	CONCLUSÕES.....	107
4.2.	Contributos técnicos e científicos .....	108
4.3.	Dificuldades encontradas.....	108
4.4.	Limitações do modelo e propostas de trabalhos futuros .....	109
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
6.	APÊNDICES .....	127
	APÊNDICE A - QUANTIDADE DE VEÍCULOS EXPORTADOS NO ANO DE 2019 E NO ANO DE 2020, POR PORTUGAL, TABELA DETALHADA. (ADAPTADO DE ACAP, 2020). .....	128
	APÊNDICE B - MODELO DE INQUÉRITO PARA REGISTO DE DADOS DA CONDUÇÃO DAS ENTREVISTAS. ....	129





# 1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E PERTINÊNCIA

1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO



## 1. INTRODUÇÃO

Vive-se numa era em que a globalização do mercado económico é um fator determinante para a sustentabilidade de um país. Esta causa potenciou o desenvolvimento tecnológico das empresas e está a levar a uma mudança de paradigma das mesmas no âmbito da gestão de operações e visão estratégica dos seus quadros socioeconómicos. Sendo uma das principais impulsionadoras económicas da maioria das nações, a indústria automóvel, tem correspondido a todos estes desafios impostos pela sociedade (Antoniolli et al.,2017), procurando-se adaptar e tirar dividendos da Indústria 4.0. De que forma e com que proveito poderá esta nova revolução industrial alavancar o sector automóvel?

Neste capítulo serão tecidas algumas considerações sobre o desenvolvimento da indústria 4.0 e do setor automóvel, bem como serão abordados os objetivos, a metodologia de investigação seguida e abordada a estrutura do relatório.

### 1.1. Enquadramento e pertinência

Atualmente, a atratividade e o sucesso de uma empresa não são apenas avaliados pelo preço e pela qualidade dos seus serviços e/ou produtos, mas também pela capacidade de flexibilidade e reação aos desejos dos seus clientes (Pečený et al., 2020; Alves et al.,2020). De que forma podem as empresas, nomeadamente as do setor automóvel, corresponder a estas expectativas dos seus consumidores?

Abordado pela primeira vez em 2011, na feira internacional de Hannover, na Alemanha, o conceito de indústria 4.0 pretende digitalizar e automatizar todos os processos de produção das empresas, atuando também ao nível socioeconómico da sociedade no seu geral (Erol et al., 2016). Devido a uma evolução notável na área da eletrónica, atualmente é possível implementar sensores mais compactos e sofisticados nas máquinas de produção, bem como utilizar *hardwares e softwares* mais precisos, com um custo razoável. A geração de dados através dos sensores possibilita uma troca de informação entre as máquinas, transformando assim uma fábrica num espaço inteligente e consciente, com capacidade para prever padrões de fabrico e atuar ao nível dos planeamentos de manutenção industrial (Pereira et al., 2019). A procura por sistemas flexíveis e eficientes de produção, que apresentem qualidade nos serviços que disponibilizam, bem como possibilitem a fabricação em massa de produtos personalizados, pode ser colmatada com a implementação das fábricas inteligentes, que tratam e analisam os seus dados em tempo real (Gao et al., 2020).

A indústria automóvel desempenha um papel importante no desenvolvimento socioeconómico das civilizações, sendo uma referência no que toca ao

desenvolvimento tecnológico (Araújo et al., 2017; Rosa et al., 2017) e uma das principais impulsionadoras da economia de escala (Schulze et al., 2015). Em Portugal, é responsável por 6% do Produto Interno Bruto (PIB), 8% do emprego na Indústria transformadora e 16% das exportações nacionais de bens transacionáveis (AFIA, 2021). Apresentando tamanho impacto na economia nacional, será benéfico para as empresas portuguesas ligadas ao sector automóvel, nomeadamente os concessionários, tentarem extrair todo o tipo de proveito que a indústria 4.0 tem para oferecer, porque além das vantagens tecnocientíficas e económicas, pode ainda colaborar para uma produção com menores impactes ambientais (Bressanelli et al., 2018), sendo por isso necessário compreender todo o tipo de políticas que a indústria 4.0 tem para prover, permitindo assim que o efeito ocorra (Dieguez et al., 2020). Além da ponderação que poderá ter na produção das empresas, a indústria 4.0 pode ser também uma importante ferramenta estratégica, uma vez que possibilita ajustar comportamentos e decisões que visem o máximo desempenho das estruturas (Onu & Mbohwa, 2021).

## 1.2. Objetivos da dissertação

A dissertação procura compreender os fatores que influenciam a venda de automóveis em Portugal e através dessa análise pretende criar e desenvolver um modelo de apoio à decisão, baseado na dinâmica de sistemas, com recurso à simulação, para analisar a evolução das vendas de automóveis no território nacional, face a diferentes estratégias comerciais adotadas. Deverá ser uma ferramenta de análise versátil e flexível, permitindo assim ajustar-se à realidade estratégica e económica de cada concessionário automóvel nacional.

## 1.3. Metodologia de investigação

O trabalho desenvolvido seguirá a metodologia suportada no estudo de caso. Este tipo de modelação é bastante útil quando existe a necessidade de se tomar um conhecimento aprofundado, sobre algum problema ou fenómeno de interesse num contexto real (Crowe, 2011). Portanto, a sua vertente de aplicação poderá incidir sobre algo bem definido, como um indivíduo ou uma organização, mas também sobre situações indefinidas e abstratas como o caso das decisões, programas ou mudanças organizacionais (Yin, 2013).

Este tipo de metodologia possui características semelhantes da investigação qualitativa, uma vez que o método do estudo de caso rege-se também por uma sequência lógica de diferentes etapas, como a recolha, a análise e interpretação de informação qualitativa (Meirinhos, 2010), aplicando-se, portanto, estas diferentes etapas ao longo do desenvolvimento do modelo para alcançar os objetivos pretendidos. Não existe um limite rígido na tipologia aplicada, podendo a mesma

variar conforme os objetivos do investigador. Este deve certificar-se de que os métodos e as técnicas de recolha de informação são suficientes e variadas (Fragoso, 2004).

A coleta de dados é fundamental para esta metodologia, podendo esta ser recolhida através de observações diretas e indiretas, entrevistas, documentos, entre outras (Njie & Asimiran, 2014). A metodologia de compilação de informação baseada nas questões de ‘porquê?’, ‘o quê?’ e ‘como?’, é bastante utilizada no estudo de casos (Saunders et al., 2009). Os dados tanto podem surgir de um caso apenas como de múltiplos (Sedlmair et al., 2012), sendo aplicada nesta investigação a situação de múltiplos casos, com uma recolha de dados baseada, predominantemente, em entrevistas.

#### 1.4. Estrutura da dissertação

Além do presente capítulo, a dissertação encontra-se dividida em mais cinco capítulos.

O Capítulo 2 pretende dar a conhecer ao leitor os conceitos fundamentais da indústria 4.0, sustentando-se na literatura existente. Será apresentado o estudo de casos práticos relativos à temática e realizada uma breve análise da aplicabilidade dos conceitos no mercado, realçando o benefício da integração destes nas empresas do setor automóvel, bem como efetuada uma análise financeira ao setor nacional para se compreender e contextualizar a sua dimensão.

No Capítulo 3 será apresentado o modelo desenvolvido, identificando toda a metodologia e o nível de amplitude de aplicação, bem como a avaliação do resultado alcançado.

No Capítulo 4 são tecidas considerações finais sobre a investigação e analisado o impacto da ferramenta desenvolvida para o objetivo central do âmbito da dissertação. Neste capítulo, são também indicadas futuras recomendações para trabalhos posteriores, identificando limitações existentes e dificuldades encontradas ao longo da realização da dissertação.

Por fim, serão apresentadas todas as referências bibliográficas que consolidaram os conceitos abordados e os apêndices considerados pertinentes para o âmbito da dissertação.



## **2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

**2.1 A INDÚSTRIA 4.0**

**2.2 OS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0**

**2.3 A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR AUTOMÓVEL**

**2.4 A IMPORTÂNCIA ECONÓMICA DO SETOR AUTOMÓVEL EM  
PORTUGAL**



## 2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A aplicabilidade dos conceitos da indústria 4.0 pode variar de setor para setor, no entanto, existem atividades adjacentes aos processos de produção, bem como máquinas e dispositivos similares. Para o efeito, serão consideradas e analisadas todas as conjecturas pertinentes de aplicabilidade para o setor automóvel. Adicionalmente será abordada a utilidade das ferramentas de simulação como um fator preponderante de apoio à decisão, sustentando a argumentação com casos de estudo de aplicabilidade na área do setor automóvel e/ou adjacentes.

### 2.1. A Indústria 4.0

O termo 'indústria 4.0' foi referenciado pela primeira vez em 2011, numa feira de comércio em Hamburgo, na Alemanha, por um grupo de trabalho designado pelo governo alemão para avaliar as necessidades tecnológicas da Indústria. Desde então, o tema tem vindo a ser discutido com maior intensidade, existindo uma vontade cada vez maior, em alguns casos mesmo necessária, para as indústrias abraçarem os conceitos que o compõem (Vogel-Heuser & Hess, 2016).

As últimas três revoluções industriais demoraram cerca de dois séculos para ocorrerem e o avanço tecnológico nestas últimas duas décadas foi imenso, culminando numa revolução digital (Liao et al., 2017). A transformação progressiva do comportamento cultural e socioeconómico da sociedade, proporcionado pela digitalização, tem permitido uma aproximação da realidade virtual ao mundo real, com benefícios nas áreas da saúde, do transporte, da educação, da energia, entre outras, que acabaram por beneficiar diretamente desta vertente virtual (Kagermann, 2015; Mourato et al., 2020).

As comunidades científicas, como é o caso das instituições de ensino superior, têm desempenhado um papel fundamental na última década para desmistificar alguns hipotéticos entraves deste conceito, proporcionando melhores definições do mesmo. Dada a sua amplitude de aplicabilidade, pode levar a uma má avaliação de interpretação por parte dos gestores industriais, suscitando algum tipo de dúvida na relação do custo de implementação com o benefício gerado. As instituições governamentais desempenham também um papel importante no desenvolvimento das empresas designadas por fábricas inteligentes, tendo por base as deduções fiscais e incentivos para que ocorra o avanço tecnológico (Bassi, 2017).

As mudanças no comportamento dos consumidores são cada vez mais rápidas e imprevisíveis, sendo por isso necessário adaptar a produção da indústria numa direção mais flexível e com uma maior capacidade para responder, em tempo real, aos desafios proporcionados pelo mercado (Grzybowska & Łupicka, 2017; Sá et al., 2022). Esta nova fase da revolução industrial não pretende suprimir e mudar radicalmente toda a metodologia praticada até ao momento, mas sim evoluir a tecnologia existente

para um novo paradigma que potencie os processos, a eficiência e a produtividade (Heng, 2014).

A indústria 4.0 baseia-se no uso de sistemas físicos cibernéticos de produção, na recolha e tratamento de dados gerados pela interface Homem-máquina e na entre máquinas, para otimizar, customizar e adaptar os serviços e/ou produtos de acordo com as necessidades dos clientes, acrescentando desta forma valor à empresa, sendo por isso fundamental a digitalização dos processos e a comunicação em tempo real entre todos os intervenientes do ambiente fabril, humanos e não humanos (Posada et al., 2015).

As empresas podem assim esperar um incremento na sua competitividade, uma vez que estes conceitos permitem uma produção mais rápida e eficiente, com menos operações e tempos de execução menores, com o consumidor final a poder desempenhar um papel mais ativo. Esta última premissa possibilita uma nova estratégia de negócio, vincada na diferenciação, permitindo assim potenciar novos clientes e investidores que, por se sentirem proativos no desenvolvimento do produto, acabam por vivenciar uma experiência impactante (Fonseca, 2018).

A *Netflix*, a *Amazon* e a *Apple* são exemplos de sucesso deste tipo de modelo de negócio disruptivo do sistema clássico. Estas empresas possuem uma estratégia comercial que visa a diferenciação e com uma clara aposta na indústria 4.0, levando a que, segundo a *Forbes Global 2000* (2020), estejam entre as empresas mais valiosas do mundo (Forbes, 2020).

A consultora *McKinsey Global Institute* (2019) reportou que cerca de 13 mil milhões de euros podem ser incrementados anualmente, até 2030, ao produto interno bruto (PIB) da maioria dos países em que as suas Indústrias adotem os conceitos da indústria 4.0, devido aos ganhos de produtividade que proporciona (McKinsey Global Institute, 2019).

## 2.2. Os pilares da indústria 4.0

A indústria 4.0 promete revolucionar toda a vertente industrial de produção e os modelos de negócio das Indústrias, devido ao seu elevado nível de digitalização, conectividade e descentralização da decisão (Machado et al., 2020). Esta descentralização da tomada de decisão permite integrar as interações Homem-máquina e agilizar todo o processo, gerando assim dados mais precisos (Erboz, 2017).

Para se compreender toda esta temática é necessário perceber toda a pluralidade dos pilares da indústria 4.0 e o seu nível de aplicação, visto que tanto podem ser implementados individualmente ou através de várias combinações que resultam em diferentes impactos para uma estrutura (Büchi et al., 2020).

Os pilares do conceito são, apesar de não se limitar apenas a estes, a *Internet of Things (IoT)*, o *Big Data*, a tecnologia de radiofrequência, os sistemas integrados, como o caso dos sistemas físicos, de produção e de segurança cibernéticos, a produção aditiva, a

robótica, a realidade aumentada e/ou virtual e a simulação (Dalenogare et al., 2018). A conjugação destes pilares permite obter variadíssimos resultados, mas o seu papel fundamental é facilitar a tomada de decisão, avaliando os possíveis impactos das decisões nas empresas (Bai et al., 2020). Na Figura 1 é possível observar todos os pilares da indústria 4.0 de forma esquematizada.

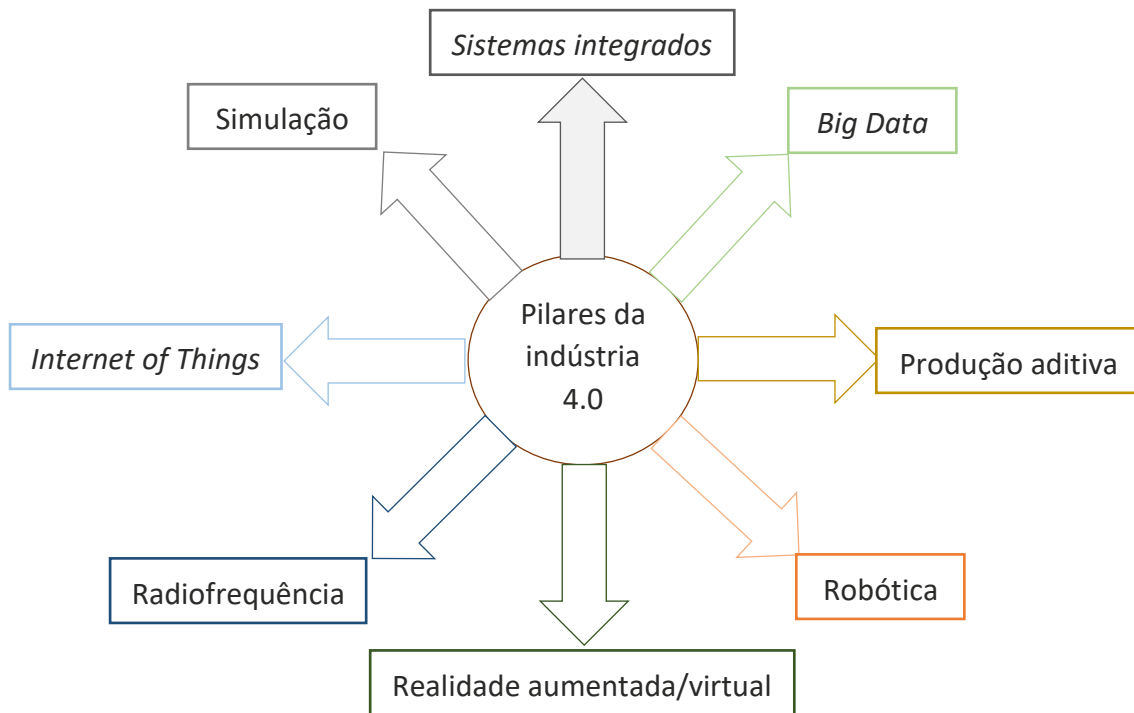


Figura 1 - Os pilares da indústria 4.0 (Adaptado de: Vaidya et al., 2018).

### 2.2.1. *Internet of Things*

O *Internet of Things* permite a integração e a comunicação de vários sensores e/ou objetos uns com os outros sem a intervenção humana (Alaba et al., 2017). O termo '*Things*' refere-se precisamente a toda a panóplia eletrónica que, incluindo o espaço físico, consegue monitorizar e gerar dados das interações entre as próprias máquinas e o Homem-máquina (Yan et al., 2014).

Esta capacidade de interagir e conectar todo o tipo de objetos, criou uma grande oportunidade para as empresas assumirem novos tipos de negócios, bem como para tornar os seus serviços internos mais autónomos e eficazes (Aazam et al., 2014).

É o patamar base da indústria 4.0 e a partir deste é possível gerenciar o conceito da fábrica virtual, recorrendo aos sistemas físicos cibernéticos (Andrea et al., 2016). Nas primeiras abordagens e estudos do conceito, existiam algumas preocupações sobre as condições de segurança que os sistemas que se baseavam nos princípios do *IoT* podiam oferecer, nomeadamente na área da saúde e na financeira, mas na última década os imensos avanços no campo da segurança cibernética, tornaram estes sistemas bastante seguros e fidedignos (Conti et al., 2018).

Segundo o INE (2020a), cerca de 13% das empresas portuguesas com dez ou mais funcionários recorreram ao conceito do *IoT*.

### 2.2.2. *Big Data*

Segundo o *World Economic Forum* (2019), é esperado que no ano de 2025 se alcancem 463 *exabytes* (EB) de dados gerados por dia (WEC, 2019).

Na era digital, as empresas necessitam analisar um conjunto enorme de dados gerados que, dependendo das ferramentas utilizadas e da política económica das mesmas, permitem obter ganhos significativos sobre os competidores (Côrte-Real et al., 2017). Estes são caracterizados por serem rápidos, variados e em grande volume (Ohlhorst, 2012), sendo gerados através de sensores equipados nas máquinas, nos produtos e pela planta da fábrica que permitem em tempo real acompanhar todas as vicissitudes do desenvolvimento das tarefas. Além do incremento de produtividade que a sua análise possibilita, uma outra vantagem que produzem é a capacidade das estruturas empresariais adaptarem-se através deles (Ghasemaghahi & Calic, 2020). As etapas de manutenção, logística, os escalonamentos de atividades, entre outras, podem ser aprimorados com uma análise de modelos matemáticos, tendo por base os dados gerados para o efeito. Também possibilitam uma adaptação mais fidedigna às necessidades dos clientes, traduzindo-se assim num ganho económico para as empresas (Cheah & Wang, 2017).

Apesar de ser um ponto fundamental para a implementação dos conceitos da indústria 4.0, este é ainda um dos que mais entaves proporciona às pequenas e médias empresas. Implementar sistemas digitais ou analógicos de métricas de controlo tem um custo elevado associado, principalmente na gestão do *Big Data* (Wang & Wang, 2020).

Atualmente as *clouds* são unidades importantes de armazenamento de dados para o apoio da tomada de decisão (Liu et al., 2020). Este tipo de armazenamento na *Internet*, permitiu às empresas libertarem-se de complexos *hardwares* e *softwares* para efetuar este tipo de gestão. As *clouds* permitem também a descentralização dos dados nos dispositivos, visto que qualquer aparelho que possua acesso à *Internet* pode facilmente aceder aos mesmos (Allam & Dhunny, 2019). Outra vantagem que proporcionam, face à velocidade com que conseguem coletar os dados, é a possibilidade do uso de inteligência artificial na tomada de decisão, permitindo assim integrar um sistema cibernético para resolução de problemas complexos (Wan et al., 2018).

Em Portugal, segundo o INE (2020), apenas 10,2% das empresas com dez ou mais funcionários, recorreram ao conceito *Big Data*. A percentagem é mais elevada nas grandes empresas, com cerca de 32,2% (INE, 2020a), mas verifica-se que ainda existe um longo caminho a percorrer. Na Figura 2 é possível observar as diferentes percentagens de análise em função do número de funcionários.

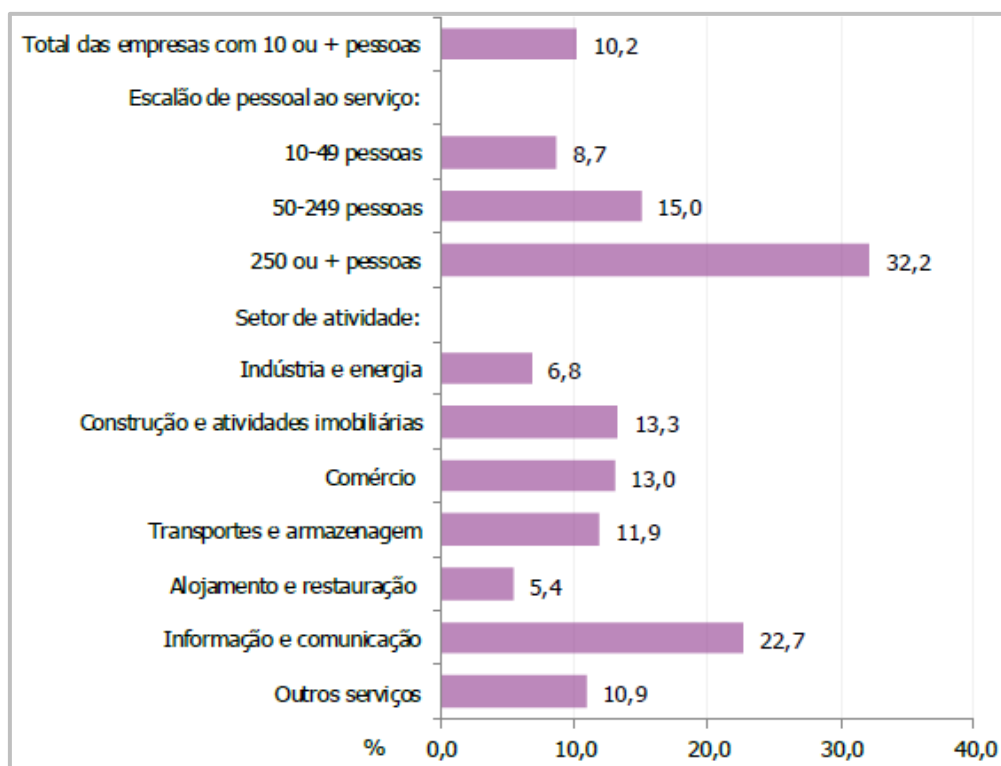


Figura 2 - Empresas que recorreram ao *Big Data*, em Portugal, com dez ou mais funcionários. (Retirado de INE, 2020a).

### 2.2.3. A tecnologia de radiofrequência

Existem variadíssimas tecnologias para conectar os vários sensores e objetos, mas atualmente a que reúne mais interesse por parte das Indústrias é a tecnologia de radiofrequência (*RFID*), uma vez que o princípio de funcionamento desta é bastante simples. Um leitor recebe um sinal eletromagnético, posteriormente é transformado numa onda eletromagnética e que acaba por chegar ao conversor de sinal, transformando a onda em informação digital (Duroc & Tedjini, 2018).

A leitura dos sensores e dos objetos através do *RFID*, com recurso ao *IoT*, permite ao sistema implementado ou ao gestor ler automaticamente os valores e decidir em tempo real (Xu et al., 2018). Além de permitir a leitura de valores, os sinais *RFID* possibilitam determinar a localização de componentes, máquinas ou operadores, desempenhando assim um papel fundamental nos sistemas cibernéticos (Huang et al., 2019).

Não obstante à sua fácil utilização e aplicação, a indústria automóvel tem tirado proveito de todo o seu potencial para, por exemplo, mapear os componentes dos motores de combustão ao longo das linhas de montagem (Segura-Velandia et al., 2016).

#### 2.2.4. Sistemas integrados. O espaço, a produção e a segurança cibernética

Os sistemas de produção e espaço cibernéticos prometem revolucionar a Indústria a nível técnico e de gestão. Este tipo de sistemas integrados, combinam o espaço industrial, a cadeia de produção e elementos computacionais para conectarem todo o ambiente industrial, formando assim o conceito de fábrica inteligente (Becker & Stern, 2016). Trata-se, portanto, de um sistema que recolhe informações de todos os sensores presentes na empresa, analisa os dados em tempo real e, utilizando a inteligência artificial, toma decisões. A metodologia de avaliação em tempo real, permite aos sistemas de produção autorregularem-se de acordo com o ambiente industrial e as suas necessidades, o que acaba por tornar os sistemas mais ágeis e eficientes (Lu & Ju, 2017). Outra vantagem dos sistemas integrados é a oportunidade de escalar melhor a manutenção, porque a avaliação em tempo real dos parâmetros dos processos permite aferir sobre as condições das máquinas e do espaço, reduzindo assim as manutenções às estritamente necessárias (Lee et al., 2015).

Uma das preocupações deste tipo de sistema são as suas falhas, uma vez que estando todas as unidades interligadas, uma pequena falha num sensor ou componente industrial pode provocar a paralisação de todo o processo (Peng et al., 2019). Outra é na implementação dos sistemas de produção cibernética (CPS), relativamente à segurança dos mesmos, uma vez que um ataque informático a uma empresa pode levar a uma paragem da produção ou até mesmo à espionagem industrial (Sun et al., 2018).

#### 2.2.5. A produção aditiva

A tecnologia de produção aditiva tem vindo a ganhar uma preponderância significativa no mercado, com as empresas a interessarem-se cada vez mais por este tipo de fabrico devido à diminuição do preço das máquinas de impressão a três dimensões (3D) (Daminabo et al., 2020). Este aumento de procura por esta tecnologia ocorreu de forma transversal a todas as indústrias, com especial atenção para a automóvel e a aeroespacial, que olham para ela como uma boa solução imediata para fabricar pequenos componentes e como uma futura para toda a produção (Lemu, 2019).

A obtenção de peças por esta tipologia desempenha um papel importante na indústria 4.0, uma vez que engloba quase todos os seus conceitos (Lennon Olsen & Tomlin, 2019). Os componentes podem ser obtidos por recurso ao desenho assistido por computador (CAD) ou por *scanners* 3D, criando posteriormente um objeto por camadas. Tanto na primeira forma de inicialização do processo, como na segunda, o conceito chave deste tipo de produção é o mesmo que o da indústria 4.0, ou seja, a digitalização do processo (Haleem & Javaid, 2019).

Relativamente ao tipo de materiais que podem ser usados na produção aditiva, o espectro de possibilidades é bastante amplo (Singh et al., 2017). Existe um interesse particular sobre os materiais plásticos e/ou poliméricos e sobre os metais, devido à sua

elevada ponderação de utilização nas Indústrias, nomeadamente na dos automóveis. Além destes dois materiais, que tem centrado um estudo intensivo para melhorar a sua aplicabilidade neste tipo de processo, novos materiais têm sido testados para averiguar o campo da sua *performance*, como o caso dos piezoelétricos (Dilberoglu et al., 2017).

Na Figura 3 é possível observar os diferentes grupos de materiais que são utilizados na produção aditiva e alguns exemplos de materiais capazes de serem impressos.

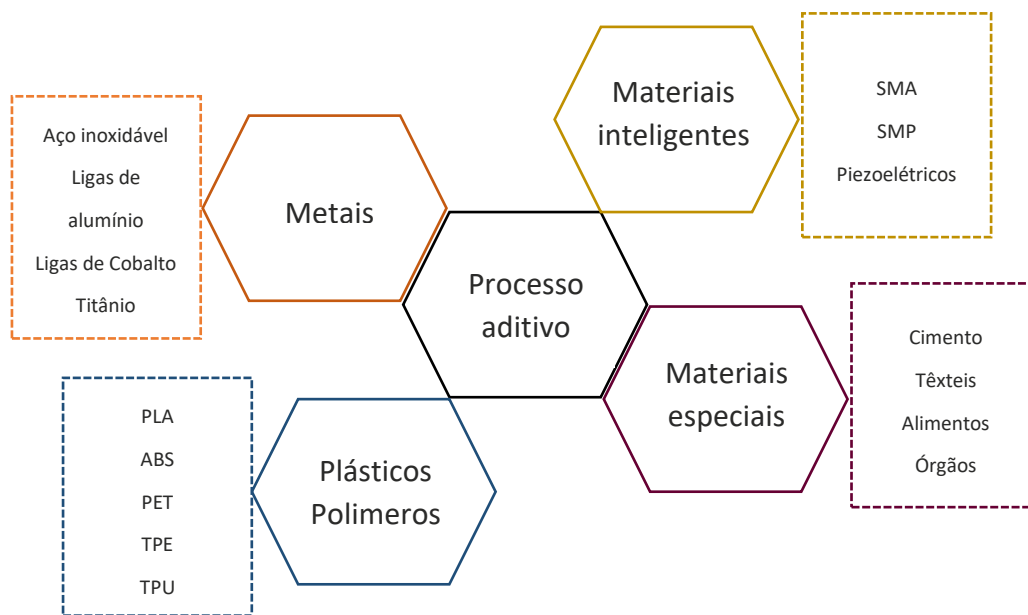


Figura 3 - Grupos de materiais e alguns exemplos de aplicabilidade da impressão 3D (Adaptado de: Dilberoglu et al., 2017).

Um outro conceito associado à indústria 4.0 e que pode ser implementado na produção aditiva, como ferramenta suplementar, é o da realidade aumentada. Este conceito está a ser estudado e desenvolvido para servir de apoio à análise de um componente ou de uma estrutura, permitindo posteriormente gerar uma digitalização da mesma, servindo assim de base para a impressão (Butt, 2020).

Em suma, a produção aditiva funciona como um catalisador da indústria 4.0, visto que pode englobar quase todos os conceitos basilares da mesma.

Relativamente a Portugal, segundo o INE (2020a), em 2019, 4,5% das empresas portuguesas com dez ou mais funcionários recorreram à impressão 3D.

### 2.2.6. A robótica

Os desenvolvimentos tecnológicos permitiram aproximar a robótica e o Homem no ambiente fabril. Este tipo de contexto junta a capacidade cognitiva dos humanos, com a velocidade e a precisão dos robôs na execução das tarefas, possibilitando assim uma diminuição de custos da produção e um aumento de produtividade (Matheson et al., 2019; Pieskä et al., 2018). Atualmente, o Homem consegue operar juntamente com robôs de forma segura, visto que estes possuem sensores de reconhecimento espacial,

evitando assim contactos indesejados com operadores e invasão de unidades de trabalho, bem como podem prever e aprender com o comportamento humano na execução de atividades, quando programados com inteligência artificial (El Zaatari et al., 2019). Este tipo de disponibilidade, torna-os fundamentais para um sistema cibernético de produção, uma vez que a análise de dados em tempo real permite reconfigurar as especificações do autómato (Rault & Trentesaux, 2018).

Segundo o INE (2020a), 9,1% das empresas portuguesas com dez ou mais funcionários recorreram a sistemas autómato para a sua produção.

### 2.2.7. A realidade virtual e a realidade aumentada

A realidade aumentada permite integrar a informação gerada num software e contextualizar a mesma num ambiente real (Cardoso et al., 2020). Esta integração ocorre através de uma interface gráfica do utilizador (GUI) (Gattullo et al., 2019), localizada num dispositivo eletrónico que tanto pode ser um telemóvel como uns óculos para o efeito, e tem como principal vantagem a sua simplicidade de operação, visto que esta é, geralmente, representada por ícones ou gráficos muito simples, permitindo ao operador receber rapidamente um conjunto de dados simplificados, podendo assim tomar uma decisão atempada e informada sobre alguma característica do processo de produção ou uma avaliação de um desempenho de uma máquina (Paelke, 2014). É considerada uma ferramenta valiosa, visto que a sua aplicabilidade pode melhorar e acelerar o processo industrial, mas também desempenhar um papel importante nas atividades de manutenção e reparação, pois possibilita o carregamento na sua interface de métodos e esquemas de reparação dos diversos componentes das máquinas industriais, bem como ajudar a monitorizar e avaliar a qualidade de fabrico de um componente após a sua produção (De Pace et al., 2018). Na indústria automóvel é aplicada sobretudo nas linhas de montagem dos automóveis ou como ferramenta auxiliar na reparação e manutenção dos veículos (Lima et al., 2017).

Na Figura 4 é possível observar um exemplo de aplicabilidade da realidade aumentada.



Figura 4 - Realidade aumentada numa linha de produção automóvel (Retirado de: Aggarwal & Singhal, 2019).

A realidade virtual permite criar e redefinir um cenário físico num *software* de simulação (Liagkou et al., 2019). Quando conjugadas, a realidade virtual e a aumentada, servem essencialmente de ferramentas de preparação para os operadores das linhas de produção se adaptarem a uma nova configuração ou para as equipas de manutenção treinarem os procedimentos a adotar em caso de falha de algum componente (Salah et al., 2019).

#### 2.2.8. A simulação

Testar e validar todas as possibilidades num contexto real, torna o processo moroso e dispendioso. As Indústrias vivem numa era de grande competitividade (Silva et al., 2021), o que acaba por limitar este tipo de avaliação num contexto real. A solução ideal passaria por formular matematicamente toda a panóplia de interações e avaliar as soluções possíveis, mas esta metodologia está limitada a um nível de elevada complexidade (Klemmt et al., 2009). Uma outra forma de testar e validar os possíveis modelos é com recurso à simulação (Sun et al., 2011), uma vez que permite a criação de um modelo que reproduza comportamentos e tendências de um sistema real (White & Ingalls, 2019). Esta capacidade de reproduzir comportamentos, torna-a numa ferramenta computacional muito utilizada (Ferreira et al., 2010), visto que pode prever toda a dinâmica de um sistema complexo, através da modelação de interações de subsistemas (Benedettini & Tjahjono, 2009). Além de permitir avaliar vários níveis de complexidade, serve também como uma importante ferramenta de apoio à decisão, possibilitando a análise da *performance* de um sistema (Ferreira et al., 2011; Ferreira et al., 2012a).

Para Banks, '*a simulação é uma representação simplificada das operações do mundo real ao longo do tempo*' (Banks, 1998). Permitiu ao Homem nas últimas décadas, fruto dos incrementos tecnológicos e da economia de escala, aproximar o contexto teórico e experimental ao mundo real. Com o aumento da digitalização dos processos de fabrico e de todas as operações adjacentes, a necessidade das empresas recorrerem a esta ferramenta, tornou-se vital para validarem os seus modelos de organização e de

produção (Zhang et al., 2019). Além da hipótese de testar os diversos cenários, a simulação é muito importante para otimizar processos (Ferreira et al., 2012b), bem como para avaliar o nível de sustentabilidade da produção (Naderi et al., 2017). Testar e melhorar algum aspeto do contexto industrial num *software* de simulação, permite diminuir a fase inicial de experimentação de soluções no contexto real, diminuindo assim os custos de implementação das diferentes alternativas avaliadas. Quando implementada, as variáveis da mesma podem ser afinadas de acordo com as diferentes fases de maturação industrial de uma empresa. O gestor pode recorrer à ferramenta e ir ajustando os parâmetros conforme os dados recolhidos, para obter uma solução sólida para a tomada de decisão (Ferreira et al., 2005). Além das vantagens referidas, a simulação possibilita um plano visual da modelação definida. As animações permitem aferir sobre a validade dos cenários desenvolvidos e acabam também por serem determinantes na tomada de decisão, no entanto existem alguns contrapontos que podem pôr em causa a qualidade da simulação. Atualmente são *softwares* bastante complexos e que exigem um conhecimento profundo das metodologias a implementar e dos comandos das ferramentas. O próprio processo em si exige tempo e preparação, bem como não existe uma solução ótima para um conjunto de dados, podendo inclusive haver várias (Cvetkovic, 2019). Dentro do contexto da simulação, a dinâmica de sistemas permite aferir sobre o comportamento dinâmico de um sistema complexo e prever quais as variáveis que influenciam o mesmo (Santos et al., 2019), o que acaba por resultar numa alteração sucessiva das estratégias comerciais das empresas, promovendo assim uma melhoria do desempenho (Torres et al., 2017). A área de aplicabilidade deste tipo de modelação é elevada e transversal a várias áreas, como o caso da saúde, evidenciado pelo trabalho desenvolvido por *Al-Khatib et al.* (2016), ou na área da logística, como o caso de estudo elaborado por *Rebs et al.*, (2019).

### 2.3. A importância da indústria 4.0 no setor automóvel

O setor automóvel faz parte de uma das maiores Indústrias e com um impacto financeiro muito elevado na maioria dos países, visto que nas últimas duas décadas as vendas automóveis cresceram em média cerca de três por cento ao ano, segundo a ACEA (2020). A indústria 4.0 veio para ficar e o setor automóvel não é inerente a esta revolução digital, podendo beneficiar com a proximidade do o cliente que esta metodologia proporciona, bem como melhorar a sua eficiência e a sua produtividade (P. Gao et al., 2014).

Todos os conceitos abordados anteriormente, podem ser implementados neste setor e em todo o tipo de estruturas, daí ser imenso o seu potencial nesta indústria.

A análise e recolha de dados é o pilar fundamental e transversal a todas elas, como ficou patente na definição dos conceitos. As pequenas indústrias do setor, como o caso das oficinas de reparação e manutenção automóvel ou os concessionários, beneficiam com esta recolha e análise de dados porque permite diferenciar e avaliar os seus

serviços prestados. A realidade aumentada pode potenciar o volume de negócios, bem como a agilizar os tempos de reparação ou manutenção. Os sensores de *RFID* são também transversais a todos os setores, devido ao seu baixo custo.

Para as grandes empresas transformadoras de materiais do setor automóvel, torna-se evidente os ganhos potenciais que a indústria 4.0 acarreta. Além dos conceitos basilares, uma ferramenta como a simulação a apoiar a tomada de decisão encarece a qualidade da gestão e ajuda a sequenciar melhor as atividades de produção, ou a impressão 3D para fabricar componentes em larga escala.

Atentas a esta panóplia de soluções, as marcas *premium* do setor já começaram a implementar a indústria 4.0 nas suas fábricas base, como o caso do grupo *Volkswagen-Audi* (VAG), com a criação da fábrica inteligente da *Audi* onde aplicam já todos os pilares na sua plena magnitude (Audi, 2016).

Todos os conceitos abordados anteriormente, têm a sua aplicabilidade prática em diversas situações homólogas em todas as Indústrias. Etapas como a manutenção, logística e organização da produção são transversais aos diversos setores e, partindo deste princípio, é possível analisar diferentes casos práticos que podem ser aplicados no setor automóvel.

Na Tabela 1 encontram-se descritos diversos casos práticos que validam todos os conceitos abordados anteriormente.

Tabela 1 - Exemplos de aplicação prática dos conceitos da indústria 4.0.

Referências	Descrição
(Frank et al., 2019)	Neste estudo desenvolveu-se um modelo dinâmico para um sistema de servitização. Realizado no Brasil, o caso de estudo procura criar condições para a implementação da indústria 4.0, tendo em conta o nível tecnológico e de serviço em que a companhia se insere. Apresenta quatro hipóteses para uma evolução dos dois conceitos, deixando o papel da decisão para o gestor operacional da empresa, visto que todas as soluções são viáveis.
(Bysko et al., 2020)	Os autores elaboram um sistema de pintura para uma linha de produção automóvel, em colaboração com a empresa polaca de automatismos, <i>ProPoint</i> , de Gliwice. Elaboraram uma heurística com três algoritmos, que permitem avaliar o nível de automatização dos <i>buffers</i> do processo. O estudo concluiu que os casos automatizados apresentam resultados superiores, quando comparados com os métodos implementados, permitindo assim à empresa atingir um maior volume de negócios.

---

(Huang et al., 2019)	<p>O caso de estudo, realizado na Austrália, desenvolveu um modelo dinâmico do <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> para pequenas e médias empresas do ramo metalúrgico. Através do conceito do <i>CPS</i>, foi elaborado uma modelação para avaliar, em tempo real, quais as atividades que não acrescentavam valor. O estudo concluiu que a descentralização da análise, com base nos dados gerados em tempo real, permitia tornar o sistema menos complexo e mais eficaz, dando inclusive a possibilidade ao cliente de ajustar alguma característica do processo no momento.</p>
(C. Wang et al., 2020)	<p>Neste artigo, desenvolvido na China, foi criado um sistema de controlo de informação da produção numa situação de <i>Jobshop</i>, tendo por princípio os sinais de <i>RFID</i>. Este controlo possibilita automatizar e modelizar um sistema de <i>Gantt Chart</i>, que serviu de base para controlar toda a informação da produção em tempo real. Os autores concluíram que este acompanhamento da informação, com recurso ao <i>IoT</i>, permitiu uma resposta mais eficaz ao decisor do planeamento de produção, bem como efetuar melhorias corretivas.</p>
(Mourtzis et al., 2017)	<p>O caso de estudo, desenvolvido na Grécia, elaborou uma ferramenta de realidade aumentada para aplicar na área da manutenção de uma máquina. Permitiu ao operador verificar o estado da mesma e, através da monitorização constante, agendar a melhor altura de manutenção. Possibilitou também ao técnico de manutenção consultar toda a tipologia eletrónica e mecânica. O estudo concluiu que esta verificação constante por parte do responsável pela máquina, permite diminuir os tempos de inutilização da mesma e efetuar manutenções com maior rigor.</p>
(Arcidiacono et al., 2019)	<p>O artigo centra a sua análise sobre o papel do plano estratégico das empresas e a sua ligação aos conceitos da indústria 4.0, como o caso da simulação. Foram analisadas duas empresas do setor automóvel com visões empresariais e níveis tecnológicos diferentes, ambas situadas no norte de Itália. Os autores verificaram que a empresa com menor evolução tecnológica, baseia o seu modelo de negócio numa estratégia reativa. Concluem que esse modelo económico não permite um desenvolvimento sustentado para a aplicação dos conceitos da indústria 4.0 e que a melhor solução seria adotar um modelo proativo.</p>

---

---

(Cachada et al., 2018)	<p>O caso de estudo, realizado em Portugal, centra-se no desenvolvimento de uma ferramenta de apoio para a manutenção preditiva de uma máquina de estampagem de componentes automóveis. Com recurso à realidade aumentada e à inteligência artificial, os autores desenvolvem uma interface que permite avaliar as possíveis falhas dos componentes e ajustar em tempo real o tipo de manutenções, permitindo à empresa ter maior ganhos de produção e competitividade, visto que este ajustamento em tempo real das intervenções de manutenção, acaba por restringir só às estritamente necessárias.</p>
(Juhász & Bányai, 2018)	<p>O artigo propôs um modelo de aplicação da indústria 4.0 na área da Logística, entre três empresas e três fornecedores de componentes automóveis na zona de Catânia, em Itália. Analisaram as possíveis rotas e o modelo de controlo de <i>stocks</i>. Desenvolveram quatro modelos de simulação, com quatro estratégias diferentes de abastecimento, por fim compararam os custos de cada uma. Permitiu aos gestores terem um maior campo de avaliação do impacto do custo.</p>
(Helper et al., 2019)	<p>O artigo, desenvolvido nos Estados Unidos, foca-se na vertente económica e nas vantagens financeiras da implementação dos conceitos da indústria 4.0, nomeadamente da simulação, nas empresas ligadas ao setor automóvel. Aborda o papel fundamental da criação de uma base de dados para as diferentes estratégias económicas e que tipo de ferramentas podem ajudar a desenvolver o modelo, consoante as características das indústrias, focando-se no papel do gestor industrial como principal promotor da mudança tecnológica.</p>
(Kiangala & Wang, 2018)	<p>Este artigo centra a sua investigação no desenvolvimento de um sistema de previsão da manutenção preditiva para um motor de um tapete transportador, numa empresa situada na África do Sul. O estudo foca-se na análise de dados gerados e transmitidos a um sistema de controlo por um sensor de vibração. A informação permite determinar os períodos de manutenção. O estudo concluiu que este tipo de implementação diminuiu os custos de intervenção, visto que, anteriormente, cerca de 70% das manutenções feitas a este componente eram desnecessárias.</p>

---

---

(Ruiz-Sarmiento et al., 2020)	Os autores desenvolveram um modelo de manutenção preditiva para a empresa ACERINOX EUROPA S.A.U, situada em Espanha. Através da recolha de dados em tempo real, desenvolveu-se um modelo <i>Bayseano</i> para detetar e prever o comportamento das máquinas, ao nível do desgaste dos seus componentes. O modelo baseia-se no histórico da manutenção, permitindo ao operador verificar se a máquina conseguirá aguentar uma nova sequenciação de fabricação. O estudo concluiu que esta modelação diminuiu o número de dados gerados e de intervenções, reduzindo os tempos e as operações de manutenção de forma significativa.
(L. L. Ferreira et al., 2017)	No caso em estudo, desenvolveu-se um modelo de manutenção proactiva para uma máquina, na empresa ADIRA, situada em Portugal. O projeto foi desenvolvido de acordo com os objetivos do projeto europeu <i>MANTIS</i> . A informação gerada pelos 50 sensores existentes na máquina, são reportados na <i>CLOUD</i> , via <i>Bluetooth</i> , e posteriormente analisados pelo modelo matemático de previsão de falhas implementado. Assim, o técnico de manutenção poderá verificar em tempo real alguns dados e escalonar as manutenções necessárias.
(Sá et al., 2021)	O caso de estudo analisa a possibilidade de implementação sistema dinâmico nas empresas de vinicultura em Portugal. Avalia todo o ambiente socioeconómico da indústria em causa, procurando compreender as limitações e as vantagens de aplicabilidade do conceito, ligando-o com o Enoturismo. Analisou junto dos produtores quais são as variáveis que possuem maior ponderação no preço final do vinho, e desenvolveu um modelo de simulação dinâmico de apoio à tomada de decisão, que se pode ajustar consoante os diferentes níveis de económicos de cada empresa.
(Hallerbach et al., 2018)	Neste artigo é apresentado um conjunto de ferramentas para identificar e verificar cenários críticos de trânsito rodoviário para veículos cooperativos e automatizados, baseando-se na simulação. A combinação de diferentes métricas permitiu desenvolver uma classificação binária para a criticidade de um determinado cenário, classificando-os com pontuações para avaliar se é crítico ou não.

---

---

(Jain et al., 2017)	O caso de estudo apresenta uma ferramenta de simulação e análise de dados para uma fábrica virtual. Esta temática foi pensada para configurações <i>job shop</i> , com atividades de produção repetitivas. Numa primeira fase configurou-se todos os agentes e atividades, utilizando um simulador STEP2M. Os autores concluem que o desenvolvimento de um modelo multidisciplinar e estruturado por camadas, máquina, célula de trabalho e, por fim, fábrica virtual, permite visualizar de uma forma mais simples, todas as implicações do planeamento no chão de fábrica.
(Straka et al., 2018)	Neste artigo foi desenvolvido uma simulação, recorrendo ao <i>EXTENDSIM</i> , para uma empresa fabricante de bombas injetoras para automóveis, situada na República Checa. Os autores analisaram as diferentes etapas de produção e os <i>buffers</i> existentes, criando assim no programa subconjuntos com as células de trabalho e formas de os otimizar. Esta metodologia, permitiu analisar individualmente cada posto de trabalho e foi possível melhorar a produção em, aproximadamente, 56%, relativamente à configuração anterior.
(Nallusamy & Adil Ahamed, 2017)	O caso de estudo foi desenvolvido, na Índia, para uma empresa de produção de componentes automóveis, recorrendo à simulação para otimizar o processo de produção, com recurso ao <i>software ARENA</i> . Definiu-se um modelo de produção de 220 peças por mês e através da simulação, conseguiu-se reduzir o tempo de ciclo de produção em 100 minutos por mês, traduzindo-se numa redução de cerca de 39% do tempo total de ciclo. A eficiência da produção aumentou de 72% para 82%.
(Lin et al., 2017)	O artigo procura avaliar os fatores críticos de implementação dos conceitos da Indústria 4.0, recorrendo a métodos estatísticos, no sector automóvel da China. Avalia diferentes métricas e formula três hipóteses de estudo sobre o nível de informação, o nível tecnológico e o nível de perceção. Concluiu que, das hipóteses avaliadas junto das empresas, o nível de informação, relacionado com a análise e recolha de dados, é o principal entrave das empresas avançarem para as aplicações do conceito. Apenas 16% dos inquiridos, possuíam um conhecimento aprofundado dos conceitos da Indústria 4.0.

---

---

(Supsomboon & Varodhomwathana, 2017)	O artigo apresenta um modelo de simulação, tendo por base o <i>software TECNOMATIX</i> , para minimizar o tempo de produção numa empresa fabricante de componentes automóveis da Tailândia. O plano de produção proposto foi de, aproximadamente, 8000 unidades, face às 6250 unidades por mês implementadas. Avaliaram três cenários de produção, com diferentes horas-extra, e o estudo concluiu que o melhor cenário para uma produção normal, era um com 8134 peças produzidas, existindo a possibilidade de se aplicar os três.
(Sayyadi & Awasthi, 2020)	Este artigo, desenvolvido no Canadá, centra a sua investigação nos sistemas de transporte sustentável e desenvolve um sistema dinâmico para analisar possíveis soluções e sugerir recomendações, baseando-se nas políticas de partilha de transporte, no consumo de combustível, na distância média das deslocações, entre outros fatores. Aplicou-se um processo de rede analítica para comparar as diversas variáveis e concluíram que a solução com menor impacto ambiental, eram as viagens partilhadas em automóveis.
(Kierzkowski & Kisiel, 2017)	O caso de estudo desenvolveu uma simulação, com recurso ao <i>software FlexSim</i> , do controlo de passageiros no aeroporto de Wrocław, situado na Polónia, tendo como objetivo a diminuição dos tempos médios de fila de espera. Analisaram as variáveis referentes ao planeamento das operações de controlo e modelaram quatro cenários, diferenciando cada um no tipo de controlo e no número de passageiros a efetivar. A simulação do contexto real permitiu diminuir o tempo médio em fila de espera, para próximo dos quatro minutos, e o tempo máximo de espera em cerca de meia hora. Diminuiu também o número de passageiros em fila de espera, passando dos 45 para 30.
(Messalti et al., 2017)	Neste artigo são analisados dois novos controladores de <i>Maximum Power Point Tracking (MPPT)</i> , baseado numa rede neural artificial, mediante dois novos modos de operação: um em modo offline e outro em modo online. O método utilizado para rastrear o valor da potência foi o método de perturbação e observação. Os resultados experimentais obtidos, através da simulação, revelaram que o controlador de rede neural artificial <i>MPPT</i> verifica uma redução das perdas energéticas e um aumento de performance do sistema perto dos 38%.

---

(Casadei et al., 2019)	O caso de estudo, desenvolvido na Universidade de Bolonha, em Itália, apresenta uma modelação de orientação e coordenação de movimentos de aglomerados de pessoas, em situações de perigo. A análise dos dados recorre aos sinais de <i>GPS</i> dos dispositivos móveis e a câmaras de videovigilância. O estudo concluiu que, para o mesmo grupo-alvo, houve uma melhoria no fluxo de movimento, mais rápido e coordenado, para uma zona segura em cerca de 60%.
(Amorim-Lopes et al., 2021)	O artigo, desenvolvido em Portugal, para uma empresa de artigos desportivos e moda, procurou simular e otimizar os <i>order pickings</i> , com o intuito de <i>melhorar</i> o sistema produtivo da empresa e baixar os custos de operação. Foram analisadas todas as entidades e formulado dois cenários. O primeiro cenário possibilitava uma redução de custos na ordem dos 5.6% e implicava mudar a política de gestão de <i>stocks</i> da empresa, já o segundo cenário possibilitava uma redução de custos na ordem dos 8.2%, configurando o <i>layout</i> . No primeiro cenário o tempo despendido pelas atividades baixou em cerca de 19% e no segundo perto de 27%. O gestor da empresa adotou o primeiro cenário, mas com o objetivo a longo prazo de adotar a segunda situação. A simulação permitiu à empresa melhorar a sua produtividade.
(Mendes et al., 2017)	O caso de estudo centra-se na implementação dos conceitos da indústria 4.0, numa fábrica da <i>Volkswagen</i> do Brasil. Os autores aplicaram os conceitos de <i>RFID</i> , monitorizando assim o posicionamento e o estado dos componentes ao longo da fabricação, um sistema de avaliação inteligente de conformidades, recorrendo a um modelo dinâmico com base em impulsos de um <i>Laser</i> , e um modelo de simulação para melhorar o processo de produção da fábrica. Concluíram que com este novo cenário ocorre uma diminuição do tempo de produção dos veículos, devido ao aumento de conectividade entre todas as unidades de produção.

A análise dos casos práticos da Tabela 1 permite aferir sobre a validade de implementação dos conceitos da indústria 4.0 e o seu nível de amplitude, permitindo também enquadrar o tipo metodologia a praticar para diferentes cenários e quais são os seus impactos nas Indústrias ou nos diferentes objetivos pretendidos. É possível verificar que a simulação aplicada a casos reais permite uma tomada de decisão eficaz, com uma maior consciência do nível de implicações que as possíveis alterações causam nos fatores socioeconómicos das empresas. Devido a este fator preponderante, decidiu-se aplicar este conceito para modelar um sistema de apoio à decisão para os concessionários automóveis.

## 2.4. A importância económica do setor automóvel em Portugal

Segundo Porter, a noção de estratégia competitiva está na criação de valor de uma organização, com tamanha ordem que leve os seus concorrentes a não conseguir replicar ou só o façam com custos elevados (Porter, 1985). A competitividade na procura de novos consumidores leva a que as empresas procurem inovar (Sivam et al., 2019). Não obstante, a indústria transformadora nacional tem procurado adaptar-se a uma clara evolução que vai muito para além da mão de obra cada vez mais especializada, fruto de uma maior aproximação do ensino superior às necessidades do tecido industrial do setor. Face às concorrentes estrangeiras, possui uma vantagem geográfica relevante, pois a sua área de costa marítima permite um fácil escoamento da produção para os diversos países, favorecendo assim a captação de capital estrangeiro (Jordão, 2019). Além do fator geográfico, Portugal é o terceiro país mais seguro do mundo (Global Peace Index, 2020), tornando-o assim para a Forbes (2018) uma das melhores nações para se investir. De acordo com os dados da Associação Europeia de Produtores do Setor Automóvel (ACEA), existem seis grandes unidades fabris de produção em Portugal, como é possível observar pela Tabela 2.

Tabela 2 - Principais fabricantes do setor automóvel em Portugal (Adaptado de Jordão, 2019).

Fabricante	Localização	Tipo de Produção
RENAULT SA	Cacia	Motores
PSA PEUGEOT CITROEN	Mangualde	Veículos comerciais ligeiros
TOYOTA MOTOR EUROPE	Ovar	Veículos comerciais ligeiros
VOLKSWAGEN AG	Palmela	Veículos ligeiros de passageiros
DAIMLER AG	Tramagal	Veículos pesados de mercadorias
CAETANO BUS	Vila Nova de Gaia	Autocarros

Estas empresas proporcionavam, em 2017, emprego a 37 054 pessoas, o que representa um crescimento médio anual de 2.62%, desde o início da década. O volume de negócio *per capita* atingiu os 231 359 € e os valores da formação bruta de capital fixo (FBCF), tiveram um crescimento bastante significativo no período homólogo, cerca de 7.66%, o que evidencia um claro esforço de investimento das empresas (Jordão, 2019).

### 2.4.1. Produção e procura do setor automóvel nacional

Em 2017, existiam 697 empresas ligadas ao setor diretamente, através da produção de vários segmentos automóveis, ou indiretamente, na produção de componentes. Estas últimas são as que apresentam maior peso no âmbito nacional e, segundo a

Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA), no ano de 2019, a indústria de componentes para automóveis foi responsável por gerar 12 mil milhões de euros em volume de negócios, o que corresponde a 6% do PIB do país, e exportou cerca de 16% de bens transacionáveis, o que equivale a 9.7 mil milhões de euros. Em termos de capital, a maioria das empresas deste subsector estão divididas equitativamente entre capital estrangeiro e nacional, empregando, na altura, 59 000 pessoas (AFIA, 2020).

Tendo por base os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), na Figura 5 é possível observar o índice mensal de produção industrial de Portugal, entre 2016 e 2020.

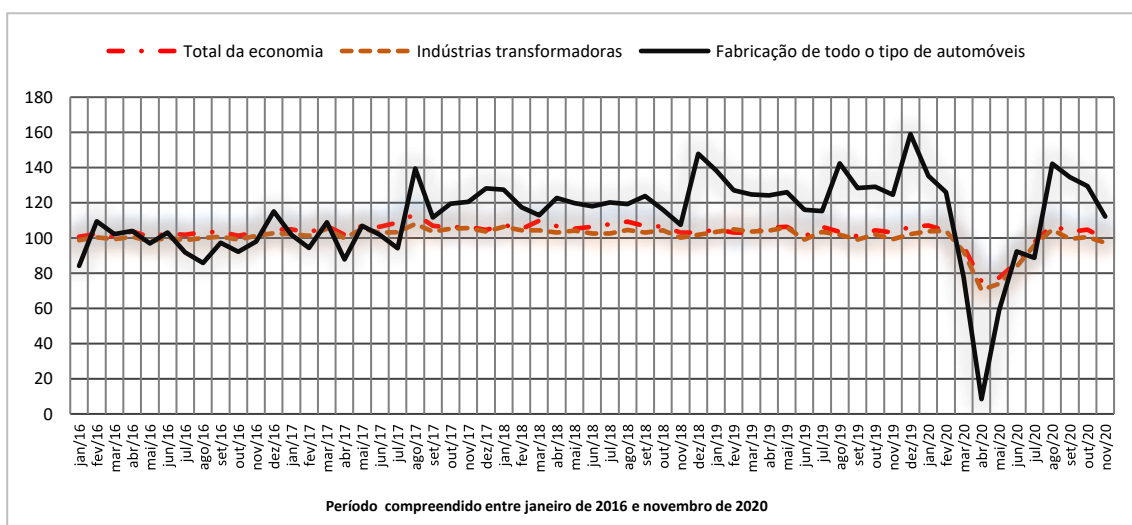


Figura 5 – Gráfico do índice mensal de produção industrial de Portugal, entre 2016 e 2020 (Adaptado de INE, 2020b).

Através da análise dos dados do gráfico da Figura 5, é possível verificar que o índice mensal de produção seguiu uma taxa de crescimento mensal de cerca de 1% até janeiro de 2019, o que representa um acréscimo de 10% relativamente ao mesmo mês do ano anterior. O ano de 2019 foi dos melhores em termos de fabricação de veículos em território nacional e a mesma linha de tendência não seguiu para 2020 por causa dos efeitos da pandemia na economia, o que explica a enorme quebra em abril de 2020 e uma retoma lenta nos meses seguintes para valores anteriores.

Relativamente à procura automóvel, em Portugal no ano de 2019, segundo os dados da PORDATA (2020), foram registados 409 617 veículos motorizados em território nacional, sendo que do total, 373 246 correspondem a veículos ligeiros, pesados, reboques/semirreboques e tratores.

Na Figura 6 é possível observar a evolução dos registos de veículos motorizados em Portugal, entre os anos de 2014 e 2019.

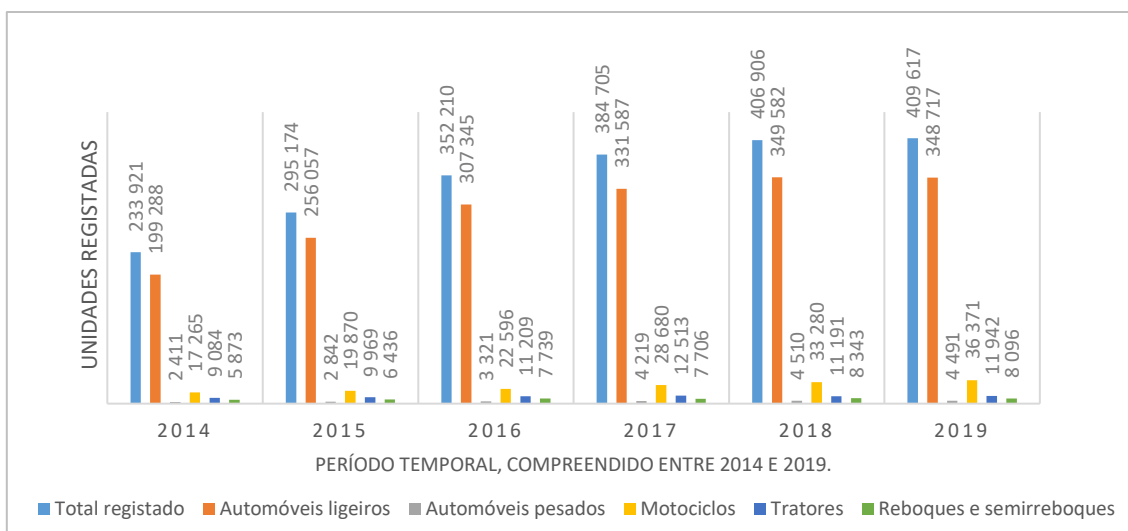


Figura 6 - Registo de veículos motorizados entre 2014 e 2019 (Adaptado de PORDATA, 2020).

Verifica-se, através da Figura 6, que houve um aumento significativo no registo automóvel em Portugal, entre o ano de 2014 e o ano de 2019. No caso dos ligeiros, ocorreu um aumento de 57% de registos no ano de 2019 face a 2014. Nos veículos pesados, tratores e semirreboques o aumento foi também significativo e a rondar os 55% para todos os casos. Esta tendência é positiva para o setor automóvel, nomeadamente para os concessionários e empresas de manutenção e reparação, visto que este aumento traduz-se num acréscimo económico e financeiro para todas as partes interessadas. Em 2017, o volume de negócios de vendas de veículos e serviços de manutenção e reparação automóvel e motociclos, atingiu os 19,62 milhões de euros (Jordão, 2019).

Na Figura 7 é possível observar a distribuição do volume de negócios por subsetor em Portugal.

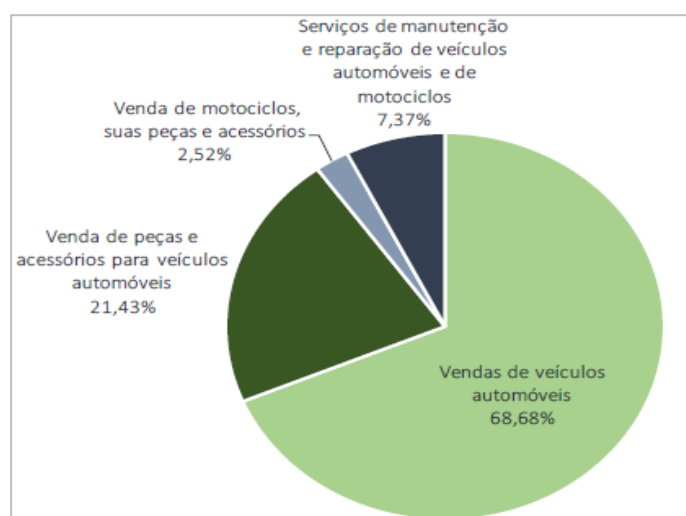


Figura 7 - Distribuição do volume de negócios por subsetor em Portugal (Retirado de Jordão, 2019).

### 2.4.2. O contexto do setor automóvel nacional a nível externo

Segundo a ACEA, em 2018, o setor automóvel europeu exportou 6,1 milhões de automóveis, gerando transações económicas na ordem dos 84,4 mil milhões de euros. No seu total, contando com o mercado europeu, foram fabricados, no mesmo período, 19,2 milhões de veículos motorizados e 16,5 milhões de automóveis ligeiros. Portugal contribuiu com 306 697 unidades (ACEA, 2020). Segundo a Associação do Comércio Automóvel de Portugal (ACAP), em 2019, o valor foi superior com 336 314 unidades produzidas e/ou montadas para exportação em território nacional. Em 2020 os números foram significativamente inferiores, devido à quebra de vendas provocada pelo problema epidémico mundial. Na Tabela 3 é possível observar os tipos de veículos produzidos para exportação no ano de 2019 e 2020.

Tabela 3 - Quantidade de veículos exportados no ano de 2019 e 2020, por Portugal (Adaptado de ACAP, 2020).

Tipo de veículo	2019	2020	19/20 (%)
Ligeiros de Passageiros	280 506	210 092	-25,1%
Veículos Comerciais Ligeiros	50 896	45 913	- 9,8%
Veículos Pesados	4 912	2 733	-44,4%
Total	336 314	258 738	-23,1

O ano de 2019 foi um dos melhores anos em termos de produção e exportação, com um crescimento de 17,4% face a 2018 (ACAP, 2020). No entanto, 2020, por todas as condicionantes que o mercado sofreu com a pandemia, a produção caiu 23,1% em relação a 2019. As previsões são novamente de retoma económica, mas poderá não ser tão acentuada como o esperado, fruto da situação epidemiológica descontrolada da maioria dos países que importam veículos a Portugal, como o caso da Alemanha, Espanha, França, Reino Unido e Itália.

A Tabela 3 encontra-se com maior detalhe no Apêndice A, onde especifica a produção por marcas em território nacional.



# **3. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DESENVOLVIDO**

**3.1 ENQUADRAMENTO GERAL**

**3.2 CRITÉRIO LÓGICO APLICADO**

**3.3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO**

**3.4 MODELO CONCEPTUAL**

**3.5 AJUSTE DAS PARAMETRIZAÇÕES DO SISTEMA POR  
PARTE DO UTILIZADOR**

**3.6 VALIDAÇÃO DO MODELO COM SISTEMA REAL**

**3.7 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS**

**3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**



### 3. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DESENVOLVIDO

O capítulo três é dedicado à apresentação do modelo de apoio à decisão desenvolvido. Numa primeira fase, apresenta-se toda a metodologia seguida, bem como a ferramenta que serve de suporte para a modelação. Em seguida, são analisados quais os principais problemas e desafios que o setor comercial automóvel enfrenta, enquadrando assim os parâmetros que influenciam diretamente as vendas de automóveis por parte dos concessionários nacionais. Posteriormente, são apresentados todos os dados essenciais retirados do caso de estudo e analisado os resultados obtidos através do modelo conceptual.

#### 3.1. Enquadramento geral

Tendo em conta os principais problemas e desafios enfrentados pelo setor em questão, que serão apresentados posteriormente, o processo de tomada de decisão avalia vários fatores que influenciam de forma determinante o comportamento dos consumidores, face aos produtos e serviços oferecidos pelas empresas. Os gestores, tendo em conta os critérios que levam ao suscitar de interesse nos seus produtos e/ou serviços, como a venda de um automóvel, enquadrando na temática em estudo, por parte dos compradores, procuram tomar uma decisão consolidada, apoiando-se em diversas áreas, como o caso das ciências comportamentais, e não só, para criarem e gerarem valor para os seus grupos económicos (Charnley et al., 2017).

Os grupos empresariais ligados ao setor automóvel possuem estratégias díspares de se ligarem com as partes interessadas, devido a vários fatores relacionados com a tipologia de veículos que disponibilizam para venda, as políticas e valores inerentes a cada marca e ao modo como tentam atingir o público-alvo para escoar os seus produtos. Tendo em conta estas diferentes formas e estratégias de se comercializarem automóveis e alinhando com os objetivos primordiais da dissertação, o autor optou por recorrer à dinâmica de sistemas para criar uma ferramenta de apoio à tomada de decisão. Terá de ser suficientemente flexível para se enquadrar nas diversas sensibilidades económicas, próprias de cada empresa, facilitando assim o processo de apoio às decisões, dando uma visão mais ampla e concisa de todos os critérios considerados. Este tipo de abordagem permite modelar todo o processo do sistema e comparar resultados através da geração de vários cenários, acabando assim por clarificar o decisor sobre o tipo de políticas a implementar para obter maiores ganhos (Hsieh & Chou, 2018).

As variáveis de entrada do sistema, os *inputs*, resultaram da análise da literatura existente sobre a temática, bem como, também, através da metodologia de caso de

estudo, onde foram entrevistados 17 responsáveis das empresas do setor. Este contacto com os concessionários permitiu aferir sobre a qualidade dos *inputs* do sistema desenvolvido e aprofundar o conhecimento acerca do funcionamento do setor, criando uma aproximação mais fidedigna às realidades dos departamentos comerciais de veículos automóveis portugueses, solidificando assim o modelo.

O programa que serviu de base para implementar toda a tipologia foi o *VENSIM PLE PLUS*, comercializado pela *Ventana Systems*. Este *software* possui a capacidade de realizar uma simulação contínua, o que acaba por influenciar positivamente toda a modelação, e um apuramento conciso dos parâmetros do sistema.

### 3.2. Critério lógico aplicado

O objetivo principal da dissertação passa por avaliar os fatores que influenciam a venda de automóveis em Portugal. Da análise, pretende-se criar e desenvolver um modelo de apoio à decisão, baseado na dinâmica de sistemas, para auxiliar nas escolhas estratégicas das empresas do setor, através da comparação de vários cenários.

Para alcançar os objetivos propostos, elaborou-se uma estratégia concisa que, numa primeira fase, passou por analisar a literatura existente sobre os conceitos da indústria 4.0 e avaliar todas as vicissitudes inerentes à simulação e à dinâmica de sistemas.

Posteriormente, efetuou-se uma recolha de dados. Esta serviu, principalmente, para avaliar quais os parâmetros que influenciam diretamente a venda de automóveis, no seu geral e depois extrapolando para o panorama nacional, tendo sido ditada por duas fases. Numa primeira fase, a recolha foi efetuada através da análise de literatura existente sobre a temática e, numa segunda fase, foi efetuada a metodologia do caso de estudo, com recurso a entrevistas junto de especialistas da área. Esta segunda fase permitiu aferir sobre a validade dos parâmetros identificados na primeira e aproximar o modelo para o contexto mais real possível do setor de atividade nacional em causa.

Em seguida, construiu-se o modelo no *software* base de acordo com os *inputs* recolhidos anteriormente, identificando e explicando as diversas variáveis, sustentando toda metodologia com os diversos submodelos e diagramas de *stock-flow*.

Por fim, o critério lógico aplicado passou pela validação do modelo e por uma análise de cenários hipotéticos gerados. Na Figura 8 é possível verificar, de forma esquemática, toda a metodologia implementada.

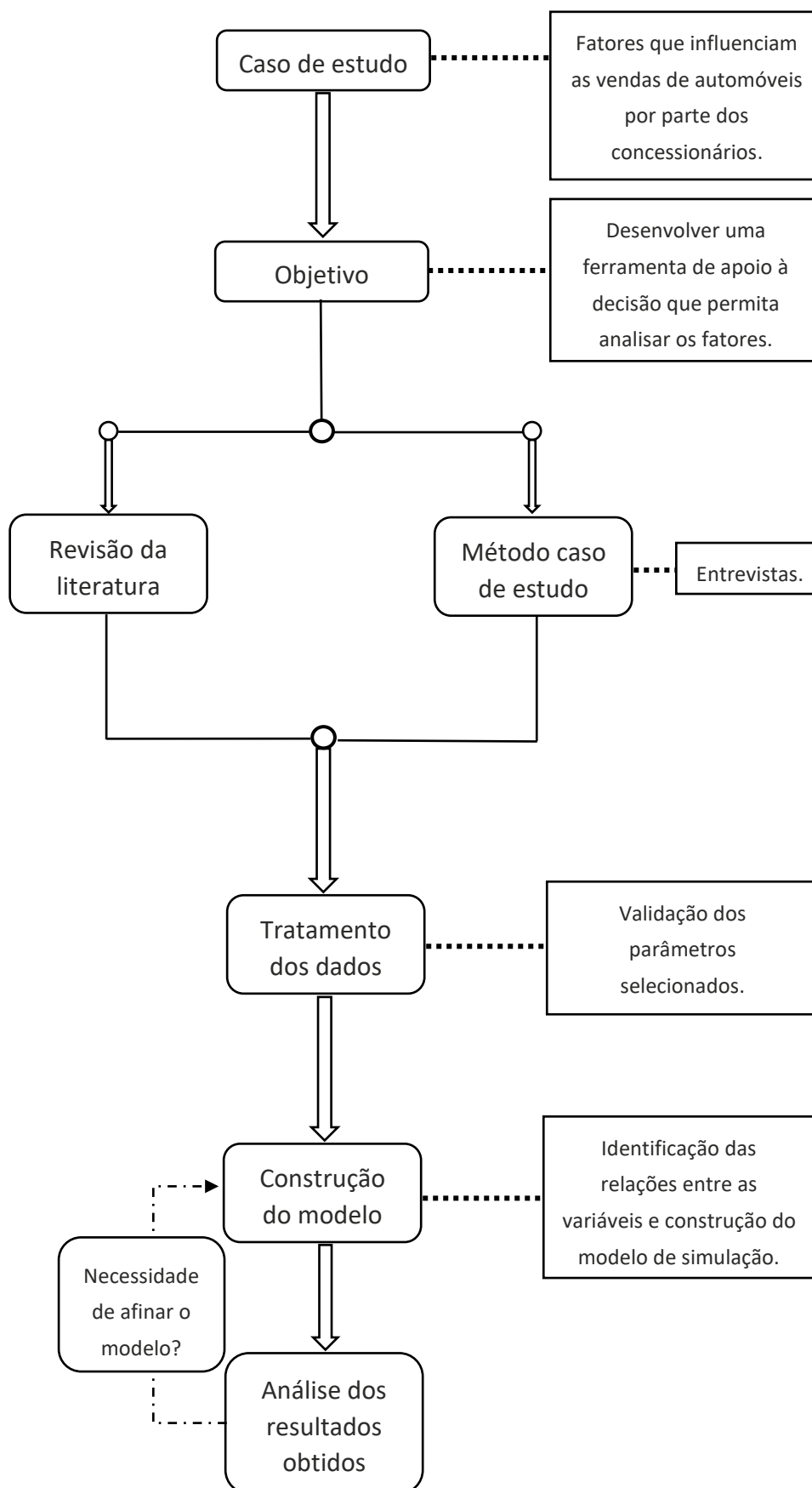


Figura 8 – Esquema sumário da metodologia aplicada.

### 3.3. Desenvolvimento do modelo

#### 3.3.1. Identificação dos principais desafios do setor comercial automóvel

O setor comercial automóvel possui uma série de particularidades e desafios muito próprios, visto que o sucesso de vendas de uma marca automóvel não está só dependente da qualidade dos seus produtos e/ou serviços, mas sim de vários fatores económicos, políticos, históricos e sociais que variam entre as diferentes zonas do globo. Relativamente ao fator social, já é possível verificar uma mudança significativa no comportamento dos consumidores face ao tipo de mobilidade usada, principalmente nos grandes centros urbanos. O aumento populacional e consequentemente o aumento do volume de tráfego, com todos os problemas ambientais que acarretou, levou a que se desenvolvesse uma consciência pela procura de uma mobilidade mais sustentada (Saleem et al., 2018), para deslocações mais rotinadas, aumentando assim a procura por veículos partilhados e transportes públicos (Pakusch et al., 2018). Por outro lado, o coletivismo nas deslocações do dia-a-dia, levou a que, a nível individual, aumentasse o interesse por veículos menos poluentes, com a procura por automóveis topo de gama com estas características a criarem um valor acrescentado muito interessante para as marcas (Ali et al., 2019). Face a esta crescente procura por veículos menos poluentes, é importante que os concessionários automóveis acompanhem todo o tipo de segmentos de mercado, através da oferta de produtos e serviços que sirvam os interesses dos consumidores, visto que são estes que determinam as políticas económicas e empresariais que devem de ser adotadas (Dhanabalan et al., 2018).

A mudança de paradigma nas deslocações, é despoletada em boa parte pelas instituições governamentais, através dos incentivos fiscais e isenções de impostos para com o consumidor e também para com as marcas que comercializam este tipo de veículos (Pichler et al., 2021). A variação do tipo de segmento automóvel vendido, acarreta uma mudança estratégica e económica na abordagem dos concessionários para tentarem convencer os compradores para a validade dos seus produtos, o que acaba por implicar um custo associado. Como se trata, em alguns casos, de uma prática imposta pelas agências governamentais, o custo suportado pelos concessionários pode ser diluído com os respetivos incentivos, permitindo assim uma aposta mais sustentada na política de comercialização deste tipo de automóveis, com recurso a campanhas de incentivo junto do consumidor para obter um ganho fiscal benéfico para ambas as partes (Lévay et al., 2017).

Por fim, o fator histórico das marcas de automóveis acaba por afetar as vendas dos concessionários. O fator confiança dos consumidores numa determinada marca, leva a que a mesma possa ser equacionada em detrimento de outra (Amron, 2018). Esta capacidade de fidelização pode ser explorada e exponenciada pelos concessionários automóveis, uma vez que esta capacidade de reter clientes é um dos maiores desafios

que o setor enfrenta (Gao et al., 2016). A complexidade da fidelização advém do nível de competitividade existente no setor automóvel, mas também fruto do rápido avanço tecnológico que a sociedade absorveu. A alteração do paradigma de necessidades dos consumidores, bem como o seu nível de informação sobre os produtos que pretendem adquirir, criam uma dificuldade acrescida para os concessionários obterem uma receita constante e previsível (Almohri et al., 2019).

A indústria 4.0 consegue assegurar uma resposta a esta problemática da fidelização, ao criar uma conectividade com o cliente sem precedentes, uma vez que possibilita a personalização de certas características do automóvel em tempo real. Para além desta particularidade, ferramentas como a simulação, auxiliam no processo de tomada de decisão, pois permitem estudar e avaliar o impacto das diferentes variáveis em consideração na estrutura (Gaiardelli et al., 2021).

### 3.3.2. Os parâmetros que influenciam as vendas de automóveis pelos concessionários

A procura de se obter uma vantagem competitiva das empresas que vendem a retalho, nomeadamente as do setor automóvel, ocorre em grande parte por via da publicidade e da análise das sensações e/ou experiências que proporcionam ao consumidor uma maior afinidade e desejo por uma determinada marca em detrimento de outra (Marques & Pereira, 2018).

O processo de aquisição de um automóvel é uma decisão complexa e demorada para o comprador, onde sua postura relativamente a uma possível compra assume um papel determinante para o desenrolar de toda a ação. Conhecer e prever o comportamento complexo do consumidor face ao seu processo de tomada de decisão para adquirir um determinado produto, é essencial para determinar a estratégia de vendas (Saeed & Grunert, 2014).

#### 3.3.2.1. Brand experience

Um dos fatores que influencia a compra de um veículo, é a experiência anterior que o comprador tem com determinada marca automóvel. O conceito *brand experience* ganhou uma particular relevância no posicionamento estratégico das empresas, pois permite avaliar as vivências do comprador com os produtos e/ou serviços prestados anteriormente, mas também dar uma visão mais abrangente do desempenho da marca a nível sensorial (Nadzri et al., 2016), com as emoções e os estímulos positivos da mesma sobre os consumidores a desempenharem um papel vital no processo de obtenção de um automóvel. Esta forma de agregar emoções à imagem da marca assume um papel vital na construção da reputação. Segundo a Deloitte (2020), 62% dos inquiridos no seu estudo sobre o impacto das marcas e do seu nível de *marketing*, referiu que sente um relação de proximidade com as que consomem e que esse tipo de arranjo foi proporcionado por sentirem um conjunto de valores associados à

experiência de contacto com os seus produtos e comercializadores, levando a que exista um comportamento positivo na hora da compra, criando assim uma necessidade de obter determinados produtos de uma marca em específico.

### 3.3.2.2. Fator lealdade

Outro fator a ter em consideração é a lealdade dos compradores para com a marca. Os concessionários devem desenvolver diversas maneiras e formas de estimular o interesse pelo seu produto, promovendo assim um sentimento de reciprocidade, segurança e confiança perante os consumidores (Ozdemir et al., 2020). A criação de laços fortes entre as duas partes interessadas, permite a retenção do comprador na altura do ciclo de renovação automóvel por parte do mesmo (Adhikari & Panda, 2019).

### 3.3.2.3. Brand equity

O fator lealdade juntamente com a qualidade percebida, a forma como se estereotipa a experiência obtida através do contacto com o produto, mais as características inerentes à própria marca e ao seu país de origem, por exemplo, e o tipo de associação à marca em si, símbolos icónicos ou se é ou não voltada para o desempenho desportivo, permitem formar um critério mais abrangente, que avalia o comportamento do consumidor, o *brand equity* (Foroudi et al., 2018).

A maioria dos compradores de automóveis julgam a qualidade destes através do tipo de *design* e das performances, ao invés de avaliarem o tipo de materiais que foram utilizados na sua construção (Braun et al., 2020).

### 3.3.2.4. Fator intenção de compra

Os dois parâmetros mais abrangentes, o *brand equity* e o *brand experience*, englobam um critério superior que proporciona o ato final da aquisição, definido como a intenção de compra. O ato de comprar um produto, como o caso de um automóvel, advém de uma vontade e/ou necessidade que em conjunto com os outros dois fatores mencionados, estes últimos sustentam toda a informação sobre o automóvel e/ou a marca em causa, mas também com os incentivos fiscais e o *marketing* proporcionado pelos concessionários, permitem estabelecer a tomada de decisão (Stankevich, 2017). Além da perspetiva psicológica dos consumidores, existem outros fatores relacionados com o automóvel em si que afetam a intenção de compra, como o caso do preço, da segurança e do desempenho. Os clientes continuam a olhar para estes fatores como os mais importantes na altura da compra, em detrimento dos fatores ambientais, por exemplo (Folkvord et al., 2020).

O critério do preço é algo que os compradores têm em bastante consideração, porque procuram sempre um valor que corresponda às suas expectativas e que seja ajustado ao produto, sendo por isso uma variável que guia as estratégias das organizações para

efetuarem vendas, uma vez que é um indicador da viabilidade do produto em causa (Mehra et al., 2018).

A própria reputação do concessionário é determinante para a intenção de compra. O nível prestado por parte da mesma, quer na compra, quer depois no serviço pós-venda, influencia a perceção do consumidor sobre a reputação da marca em si (Fernandes et al., 2020; Akaeze & Akaeze, 2017).

Na Figura 9 é possível observar uma versão esquemática das implicações dos principais parâmetros que influenciam a intenção de compra.

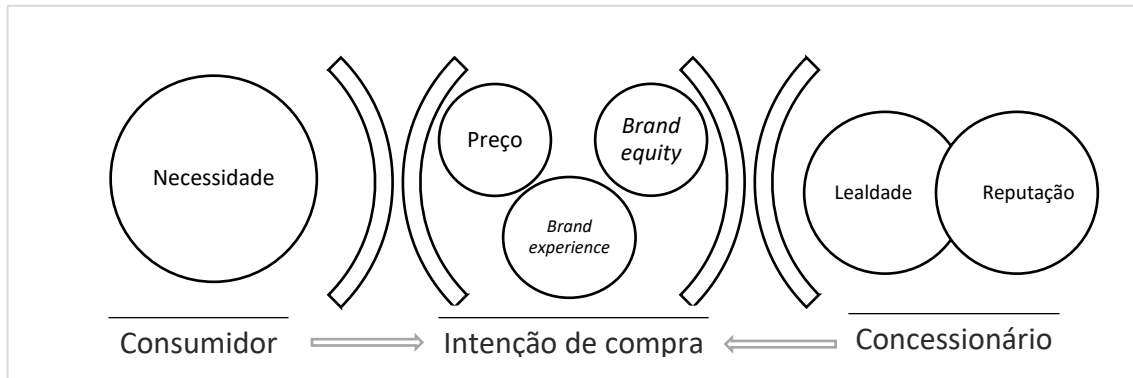


Figura 9 - Parâmetros que influenciam a intenção de compra.

### 3.3.3. Método do caso de estudo - Entrevistas

Para a elaboração do modelo conceptual, foram realizadas 17 entrevistas a especialistas do setor para aferir sobre quais os parâmetros que consideram influenciar as estratégias adotadas para efetuar as vendas por parte dos concessionários.

Para a condução das mesmas foi desenvolvido um guião de entrevista, visto que permitia agilizar o contacto e focar a mesma nos pontos essenciais para a discussão. Numa primeira fase, foram recolhidos os dados que os gestores consideravam relevantes, sendo posteriormente questionados sobre o nível de importância de cada parâmetro, suportando-se numa escala de *Likert* para o fazer. A quantificação das variáveis por este método permite validar e agrupar os dados de forma lógica e eficiente (Vonglao, 2017).

O modelo de inquérito encontra-se detalhado no Apêndice B. Na Tabela 4 é possível observar os resultados das entrevistas de forma sumária.

Tabela 4 - Dados recolhidos do caso de estudo.

Empresa	Região	Cargo	Principais fatores que influenciam as vendas
Empresa 1	Grande Lisboa	Comercial	Financiamento
			Serviço pós-venda
			Preço
			<i>Marketing</i> direcionado
MCoutinho	Vila Real	Responsável do departamento de vendas	Conhecimento do Produto
			Financiamento
			Dimensão da Marca
			Preço
JAPblue	Âmbito nacional	Diretor da divisão Polo - JAP	Dimensão do concessionário
			Disponibilidade do produto
			Segmentação do mercado
			Concorrência de segmento
Empresa 2	Grande Porto	Comercial	Dimensão do concessionário
			Serviço pós-venda
			Qualidade do Produto
			Preço
			Serviço pós-venda
			<i>Marketing</i> direcionado
Empresa 3	Grande Porto	Responsável do departamento de vendas	Financiamento
			Preço
			<i>Brand equity</i>
			Serviço pós-venda
Macedo & Macedo	Braga	Responsável do departamento de vendas	Dimensão do concessionário
			Importador
			Preço
			Serviço pós-venda
			Financiamento
			<i>Marketing</i> direcionado
			<i>Brand equity</i>
Empresa 4	Coimbra	Comercial	Tipo de veículos comercializados
			Preço
			Serviço pós-venda
			Financiamento
			Dimensão do concessionário

Empresa 5	Viana do Castelo	Responsável do departamento de vendas	Reputação da Marca
			Serviço pós-venda
			Tipo de veículos comercializados
			Preço
			Capacidade de resposta à procura
Empresa 6	Grande Porto	Comercial	Preço
			Financiamento
			Dimensão do concessionário
			<i>Brand experience</i>
Empresa 7	Grande Lisboa	Diretor do departamento de <i>Marketing</i>	Preço
			<i>Marketing direcionado</i>
			Serviço pós-venda
			Financiamento
			Customização do produto
Grupo A MatosCar	Évora	Comercial	Serviço pós-venda
			Segmentação do mercado
			Preço
			Financiamento
			<i>Brand equity</i>
Empresa 8	Aveiro	Responsável do departamento de vendas	Preço
			Financiamento
			Marketing direcionado
			Serviço pós-venda
			Customização do produto
Empresa 9	Algarve	Comercial	Preço
			Financiamento
			Serviço pós-venda
			Reputação do concessionário
Empresa 10	Leiria	Comercial	Dimensão do concessionário
			Reputação da marca
			Preço
			Serviço pós-venda
			Competitividade dentro dos segmentos comerciais
Empresa 11	Grande Porto	Comercial	Preço
			Financiamento
			Serviço pós-venda
			Reputação do concessionário

Empresa 12	Castelo Branco	Comercial	Tipo de veículos comercializados
			Financiamento
			<i>Brand equity</i>
			<i>Marketing</i> direcionado
Empresa 13	Setúbal	Responsável do departamento de vendas	Posicionamento no mercado
			Financiamento
			Qualidade do produto
			Preço

A recolha de dados junto dos concessionários teve um papel vital para a construção do modelo. Além de ter permitido aferir sobre quais as variáveis é que são tidas em consideração pelos diversos departamentos requeridos, possibilitou também uma melhor perceção do funcionamento e de toda a complexidade que envolve o processo de venda de um automóvel, nas diferentes realidades de cada empresa do setor. O conhecimento adquirido, através das entrevistas, das diferentes estratégias comerciais, gerou uma maior capacidade de sensibilidade ao setor e viabilizou o desenvolvimento de um modelo que fosse capaz de absorver as mesmas, a diversos níveis económicos.

O recurso às entrevistas, além dos fatores enunciados na Tabela 4, permitiu também perceber toda a dinâmica das ponderações efetuadas para se atribuir o preço a uma unidade automóvel, tendo em conta todos os gastos relacionados pela empresa e o lucro esperado. Uma vez que um mercado económico dentro de um país não é totalmente estático e simétrico, apesar dos traços sociais, económicos e culturais similares da população no seu geral, foram abrangidas diferentes zonas económicas de Portugal para se perceber que tipo de fatores poderiam diferir nos diversos centros urbanos analisados. Da metodologia do caso de estudo, é possível observar que a estratégia comercial dos diferentes grupos nos maiores centros urbanos do país, Porto e Lisboa, é similar. De acordo com um dos entrevistados de uma empresa que atua nas duas regiões, dado que a estratégia comercial não difere muito entre os competidores, a chave do sucesso do seu modelo de negócio, era a capacidade de dar uma pronta resposta aos pedidos de customização dos clientes nas unidades comercializadas, o que nem sempre era fácil devido a limitações da própria marca. Um outro entrevistado referiu que a criação de uma linha própria de financiamento, associada ao grupo económico que representa permitiu alavancar as vendas de forma exponencial, assim como a importância de um bom complemento nos serviços pós-venda, dado que é um fator eliminatório entre os concorrentes por parte dos consumidores na hora de escolher o concessionário para adquirir uma viatura.

Por fim, da Tabela 4, é possível ver que o critério mais comum e transversal a quase todas as empresas, é o preço praticado, seguindo-se do tipo de financiamento disponibilizado pelo concessionário. Um outro ponto muito referido, quer de forma direta, quer indiretamente, foi a capacidade do concessionário de direcionar as suas

campanhas de *marketing*, de forma a escoar primordialmente alguns tipos de veículos mais vendáveis em território nacional. Dada a importância destes três aspetos, no modelo desenvolvido existe um destaque considerável a estas variáveis.

### 3.4. Modelo conceptual

Os modelos de simulação são geralmente definidos como uma forma de estudar e explicar um conjunto de observações atuais e/ou prever o seu comportamento no futuro (Abar et al., 2017). Tendo por base esta última premissa, foi desenvolvido um modelo de apoio à decisão dos concessionários que tem por base a dinâmica de sistemas, uma vez que esta permite avaliar um sistema complexo, dando a perceção de todas as interações das variáveis que influenciam o mesmo como um todo (Stadnicka & Litwin, 2017). Nesta fase, depois de recolhidos os parâmetros que influenciam a construção do modelo, é necessário formular todas as hipóteses que podem ser evidenciadas numa dinâmica de um sistema real, permitindo assim verificar as relações existentes entre as variáveis e avaliar os comportamentos de causa e efeito.

Na Figura 10 é apresentada, de forma resumida, toda a sequência lógica de operações para a construção do modelo.

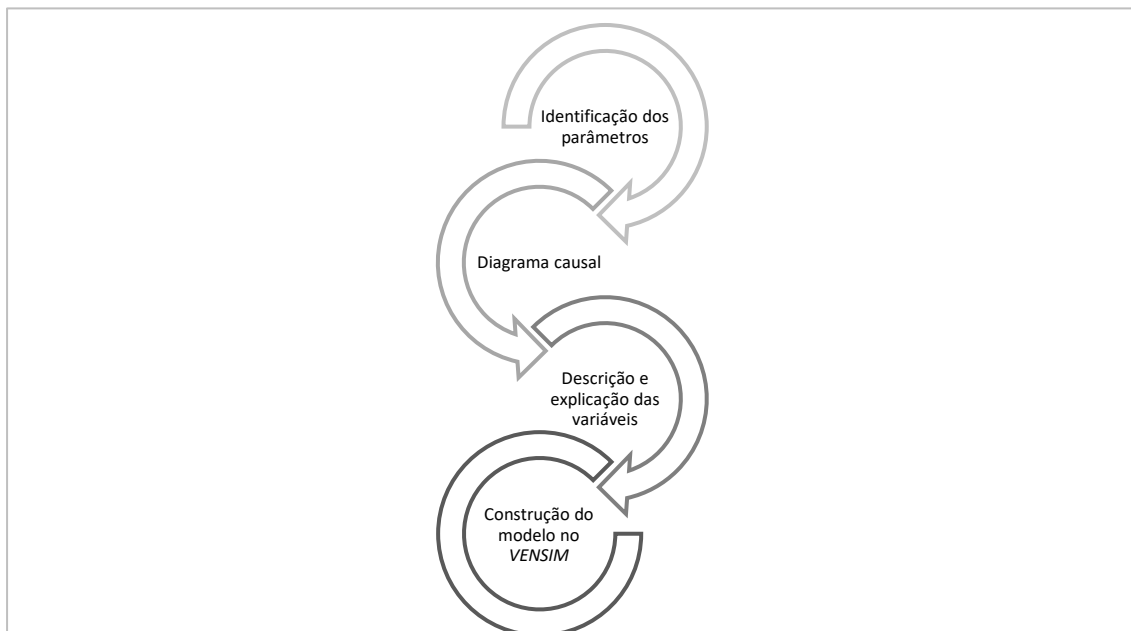


Figura 10 - Sequenciação lógica de etapas para a construção do modelo.

Relativamente às variáveis que compõe o sistema, foram obtidas através da literatura existente sobre a temática e que acabou por permitir identificar vários comportamentos do consumidor face a uma possível compra de um automóvel. Esta informação foi, posteriormente, cruzada com a gerada através das entrevistas a

especialistas do setor, criando assim uma primeira percepção sobre a validade do modelo. Os parâmetros que servem de base para a sua construção, encontram-se detalhados na Tabela 5.

Tabela 5 - Principais parâmetros do modelo desenvolvido.

<i>Leasing</i>	Aluguer de longa duração
<i>Renting</i>	Crédito automóvel
Compra sem crédito	<i>Marketing</i>
Tipologia do Veículo	Intenção de compra do consumidor
Reputação do concessionário	Preço do automóvel
Consumo	<i>Brand equity</i>
<i>Brand experience</i>	Influência dos prémios na reputação do concessionário
Capacidade de armazenamento e resposta na reputação do concessionário	Tipo de motorização
Lealdade	Segurança
Financeiros	<i>Brand image</i>
Prémios	Capacidade de armazenamento e resposta
Tipo de veículo	Percepção de qualidade
Marca	Margem de lucro operacional
Margem de lucro	Custo total
Custos indiretos	Investimento total no <i>Marketing</i>
Custo de armazenamento e espera	Custo de aquisição de unidades
Custo da criação de procura	Unidades adquiridas junto dos fabricantes
Vendas de automóveis	Novas encomendas
Unidades disponíveis	Capacidade de vendas
Custo de operação de um veículo	Lucro esperado

O objetivo primordial desta análise de vários parâmetros, quer pelo recurso à literatura existente sobre a temática em causa, quer através do levantamento de dados junto das empresas, é que os mesmos sejam ajustados o mais possível, de uma forma geral, à realidade da maioria das empresas do setor e que permita uma certa liberdade de adaptabilidade consoante o nível de cada uma. Dada a subjetividade de algumas das variáveis, como o caso das variáveis, prémios, reputação do concessionário, margem de lucro, entre outras, foi introduzido um fator percentual nas mesmas, sendo assim possível ao gestor ajustar os parâmetros em causa para que os mesmos correspondam de uma forma mais fidedigna à sua realidade estratégica e

económica. Além deste tipo de condicionante, considerou-se as variações que algumas condições do modelo podem ter ao longo do tempo e para precaver algum tipo de influência que descaracterize a fidelidade dos dados, criaram-se variáveis adicionais que ajudam a suavizar esses mesmos efeitos. Estas últimas estão descritas na modelação com o nome da variável, acrescido de '*In Time*'.

De acordo com os dados que foram obtidos durante o levantamento de parâmetros junto das empresas, estas mesmas estão condicionadas pela possibilidade de serem ajustadas segundo uma escala de *Likert*, dando assim uma maior abrangência do modelo às diferentes realidades empresariais e assumindo-se assim como uma premissa vital para a execução do mesmo.

Na Figura 11 é possível verificar este tipo de variáveis ajustáveis a coexistirem com as outras métricas, criando assim toda a base do modelo desenvolvido.



### 3.4.1. Descrição e explicação das variáveis do modelo

O modelo baseado em dinâmica de sistemas tem por base a utilização de *stocks* e fluxos, sendo estes que permitem caracterizar o sistema e fornecem toda a lógica do processo de decisão do próprio. Os *stocks* são associados aos diferentes níveis ou estados, acumulativos, de informação do sistema, responsáveis por preservar a memória do mesmo em função do tempo, já os fluxos podem ser definidos como a quantidade de informação que entra e sai do sistema, criando assim a dinâmica do mesmo (Radzicki, 2019).

O modelo desenvolvido é constituído por dois *stocks* e por 79 variáveis, sendo por isso necessário perceber as dinâmicas existentes entre estas últimas. Na Tabela 6 encontram-se discriminadas todas as variáveis do sistema, bem como na Tabela 7 os *stocks*.

Tabela 6 - Descrição das variáveis do modelo.

Variável	Equação	Descrição
<i>Leasing</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a política de crédito aplicada para consumir a venda. Segue uma métrica binária, em que o zero caracteriza a variável como não ativa e o um como ativa.
<i>% of Leasing influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Leasing influence in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto no plano económico da mesma.
<i>LTRC</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a política de crédito aplicada para consumir a venda. Segue uma métrica binária, em que o zero caracteriza a variável como não ativa e o um como ativa.
<i>% of LTRC influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>LTRC influence in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto no plano económico da mesma.

<i>Renting</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a política de crédito aplicada para consumir a venda. Segue uma métrica binária, em que o zero caracteriza a variável como não ativa e o um como ativa.
<i>% of Renting influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Renting influence in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto no plano económico da mesma.
<i>Car Loan</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a política de crédito aplicada para consumir a venda. Segue uma métrica binária, em que o zero caracteriza a variável como não ativa e o um como ativa.
<i>% of Car Loan influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Car Loan influence in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto no plano económico da mesma.
<i>BWCL</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a política de crédito aplicada para consumir a venda. Segue uma métrica binária, em que o zero caracteriza a variável como não ativa e o um como ativa.
<i>% of BWCL influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>BWCL influence in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto no plano económico da mesma.
<i>Financing</i>	SMOOTH3("% of BWCL influence"*BWCL, BWCL influence in Time)+SMOOTH3("% of Car Loan influence"*Car Loan, Car	Tem em conta todas as variáveis alocadas e o seu grau de atividade. Assim que o gestor defina o tipo de forma de pagamento pelas

	Loan influence in Time)+SMOOTH3("% of Leasing influence"*Leasing, Leasing influence in Time)+SMOOTH3("% of LTRC influence"*LTRC, LTRC influence in Time)+SMOOTH3("% of Renting influence"*Renting, Renting influence in Time)	diferentes modalidades, entram em ponderação no cálculo desta variável. A função <i>SMOOTH3</i> permite suavizar os efeitos de entrada do tipo de crédito em vigor.
<i>% of Financing influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Financing in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto no plano económico da mesma.
<i>Consumption</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Consumption influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Type of engine</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Type of engine influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Safety</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Safety influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Type of Vehicle</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Type of Vehicle influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.

<i>Brand</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Brand influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Vehicle Typology</i>	$(\text{Brand} * \% \text{ of Brand influence}) + (\text{Consumption} * \% \text{ of Consumption influence}) + (\text{Safety} * \% \text{ of Safety influence}) + (\text{Type of engine} * \% \text{ of Type of engine influence}) + (\text{Type of Vehicle} * \% \text{ of Type of Vehicle influence}) / 5$	Determina o grau de importância das características específicas do veículo para atrair consumidores e direcionar a sua política de promoção.
<i>Loyalty</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Loyalty influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Quality Perception</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Quality Perception influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Brand Equity</i>	$((\text{Loyalty} * \% \text{ of Loyalty influence}) + (\text{Quality Perception} * \% \text{ of Quality Perception influence})) / 2$	Determina o grau de importância das características específicas da <i>brand equity</i> para atrair consumidores e direcionar a sua política de promoção.
<i>% of Brand Equity influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Brand Equity in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.

<i>Brand Image</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Brand Image influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Brand Image in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.
<i>Brand Experience</i>	$DELAY1(\% \text{ of Brand Image influence} * \text{Brand Image, Brand Image in Time})$	Determina o grau de importância das características específicas da marca para atrair consumidores e direcionar a sua política de promoção. Uma vez que o conceito é mensurado em função do tempo decorrido e da experiência adquirida junto da marca, a função <i>DELAY1</i> proporciona o efeito desejado.
<i>% of Brand Experience influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Brand Experience in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.
<i>Consumer Purchase Intention</i>	$(DELAY1(\% \text{ of Brand Equity influence} * \text{Brand Equity, Brand Equity in Time})) + (DELAY1(\% \text{ of Brand Experience influence} * \text{Brand Experience, Brand Experience in Time}))$	Determina o grau de importância da intenção de compra do consumidor, permitindo assim direcionar a política de promoção. Uma vez que o conceito é mensurado em função do tempo, a função <i>DELAY1</i> proporciona o efeito desejado.
<i>% of Consumer Purchase Intention influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Consumer Purchase Intention in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.

<i>Awards</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Awards influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Awards in time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.
<i>Awards Influence on Dealer Reputation</i>	DELAY1( "% of Awards influence"*Awards,Awards in time )	Determina o grau de importância que a premiação dos concessionários tem junto dos consumidores, permitindo assim direcionar a política de promoção. Uma vez que o conceito é mensurado em função do tempo decorrido e do nível de atração que efetiva junto do consumidor, a função <i>DELAY1</i> proporciona o efeito desejado.
<i>Awards Influence on Dealer Reputation in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.
<i>Storage Capacity</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável definida por uma escala de <i>Likert</i> , em que a ponderação um representa pouco importante e cinco muito importante.
<i>% of Storage Capacity influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Storage Capacity in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto no plano económico da mesma.
<i>Storage Capacity Influence on Dealer Reputation</i>	SMOOTH("% of Storage Capacity influence"*Storage Capacity,Storage Capacity in Time )	Determina o grau de importância que a capacidade de armazenamento e resposta dos concessionários tem junto dos consumidores. Uma vez que o

		conceito é mensurado em função do tempo decorrido, a função <i>SMOOTH</i> proporciona o efeito desejado.
<i>Storage Capacity</i>		Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.
<i>Influence on Dealer Reputation in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	
<i>Dealer Reputation</i>	DELAY1(Awards Influence on Dealer Reputation, Awards Influence on Dealer Reputation in Time)+SMOOTH3(Storage Capacity Influence on Dealer Reputation, Storage Capacity Influence on Dealer Reputation in Time)+(DELAY1("% of Brand Equity influence"*Brand Equity, Brand Equity in Time))+(DELAY1("% of Brand Experience influence"*Brand Experience, Brand Experience in Time))	Determina o grau de importância que a reputação dos concessionários tem junto dos consumidores. Uma vez que o conceito é mensurado em função do tempo decorrido e do nível de atração que efetiva junto do consumidor, as funções <i>DELAY1</i> e <i>SMOOTH3</i> proporcionam o efeito desejado.
<i>% of Dealer Reputation influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Dealer Reputation in time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto no plano económico da mesma.
<i>Marketing</i>	SMOOTH3("% of Vehicle Typology influence"*Vehicle Typology, Vehicle Typology in Time)+SMOOTH3("% of Consumer Purchase Intention influence"*Consumer Purchase Intention, Consumer Purchase Intention in Time) +SMOOTH3("% of Dealer Reputation influence"*Dealer Reputation, Dealer Reputation in time)+SMOOTH3("% of Financing influence"*Financing, Financing in Time)	Tem em conta todas as variáveis alocadas e o seu grau de importância para o <i>Marketing</i> . Assim que o gestor defina a ponderação dos diferentes parâmetros associados, o cálculo é efetuado tendo em conta a função <i>SMOOTH3</i> , que permite suavizar os efeitos de entrada das diferentes importâncias que são tidas em consideração.

<i>% of Marketing influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Marketing in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.
<i>Demand</i>	STEP("% of Dealer Reputation influence"*Dealer Reputation, Dealer Reputation in time)+SMOOTH3( "% of Financing influence"*Financing, Financing in Time)+STEP("% of Marketing influence"*Marketing, Marketing in Time)	A presente formulação tem em conta todos os critérios associados para a criação de procura. Como alguns dos critérios estão associados a uma escala de <i>Likert</i> , o que implica um tempo de adaptação dos mesmos para a sua plena implementação, estes estão associados à função <i>STEP</i> e <i>SMOOTH3</i> .
<i>Available Units</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor atribuído por cada empresa, consoante a sua realidade.
<i>New Orders</i>	Demand-Available Units	Fornece o número de encomendas necessárias para efetuar junto do fabricante, tendo em conta as unidades disponíveis para venda imediata e o nível da procura.
<i>Storage and Waiting Costs (per unit)</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor atribuído por cada empresa, consoante a sua realidade.
<i>Storage And Waiting Costs (Total Cost)</i>	"Storage and Waiting Costs (per unit)"*Units purchased from manufacturers."	Valor calculado, consoante a realidade de cada empresa.
<i>% Storage Cost in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a ponderação atribuída por cada empresa.
<i>Storage Cost in Time</i>	Constante definida pelo utilizador	Representa o período definido pela empresa, a partir do qual a variável base começa a ter impacto.
<i>Marketing Investment (Total Cost per unit)</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor atribuído por cada empresa, consoante a sua realidade.
<i>Indirect Costs (per unit)</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor atribuído por cada empresa, consoante a sua realidade.

<i>Units purchased from manufacturers (Total Cost per unit)</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor atribuído por cada empresa, consoante a sua realidade.
<i>Demand (Total Cost per unit)</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor atribuído por cada empresa, consoante a sua realidade.
<i>Total Cost</i>	$((\text{DELAY1}(\text{"\% Storage Cost in Time"} * \text{"Storage And Waiting Costs ( Total Cost)"} , \text{Storage Cost in Time } )) + \text{"Marketing Investment (Total Cost per unit)} + \text{"Indirect Costs (per unit)} + (\text{"Units purchased from manufacturers ( Total Cost per unit)} * (\text{"Units purchased from manufacturers."} + \text{Available Units})) + \text{"Demand (Total Cost per unit)} / (\text{"Units purchased from manufacturers."} + \text{Available Units}))$	Considera todos os custos associados, diretos e indiretos, à gestão do concessionário. Como alguns dos parâmetros são mensurados por uma escala de <i>Likert</i> , a função DELAY1 permite suavizar o seu impacto de entrada. Fornece o custo total associado por viatura.
<i>Dealer Profit Margin (per unit)</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor definido por cada empresa, consoante a sua margem de lucro pretendida por cada operação.
<i>Car Price (per unit)</i>	$\text{Total Cost} * \text{"Dealer Profit Margin (per unit)"}$	Determina o preço por veículo, tendo em conta a margem de lucro pretendida por unidade e o custo total que envolve todo o processo de aquisição, gestão e promoção de uma unidade.
<i>Operating Profit Margin</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor definido por cada empresa, consoante a sua margem de lucro pretendida por cada operação.
<i>Operating Profit Margin in time</i>	Constante definida pelo utilizador	Valor definido por cada empresa, consoante a sua margem de lucro pretendida por cada operação.
<i>Expected Profit</i>	$(\text{IF THEN ELSE}(\text{Time} < 11, (\text{"Car Price (per unit)} * (\text{"Units purchased from manufacturers."} + \text{Available Units})) * \text{Operating Profit Margin} , (\text{"Car Price (per unit)} * (\text{"Units purchased from manufacturers."} + \text{Available$	Avalia o lucro esperado. Dado que uma unidade motriz desvaloriza ao longo do tempo, este parâmetro está condicionado para acompanhar essa mesma desvalorização pela função IF THEN

	$\frac{\text{Units}}{\text{Units}} * \text{Operating Profit Margin in time}}{(\text{Units purchased from manufacturers."} + \text{Available Units})}$	ELSE.
<i>Time</i>	Constante auxiliar	Constante que serve de suporte para definir qual a margem de lucro a utilizar, consoante o tempo decorrido.

Tabela 7 - Descrição dos stocks do modelo.

<i>Stock</i>	Equação	Descrição
Units purchased from manufacturers	$\text{DELAY1}(\text{New Orders}, 1)$	Fornece o número de unidades requisitadas junto do fabricante, tendo em conta a procura.
Car Price operation	Expected Profit-Total Cost	Avalia o nível operacional das transações. Serve como fator de avaliação.

### 3.4.2. Diagrama Stock-Flow

Uma transação comercial de um automóvel, para uma empresa, engloba um conjunto de custos associados, podendo ser diretos, como o caso de aquisição de um determinado modelo junto do fabricante, como indiretos, o que acontece com a capacidade de promoção da unidade, custos com pessoal, entre outros. Estes encargos definem também o preço base praticado pelos concessionários, esperando assim suportar todos os custos e obter um determinado lucro. Não obstante a este tipo de balanço económico, a construção do modelo passou por elaborar um submodelo que fosse capaz de englobar os custos totais associados, com o devido lucro gerado, permitindo assim avaliar a ponderação do custo operacional de cada venda. Na Figura 12 é apresentado o submodelo financeiro, que engloba todas as condicionantes acima referidas.

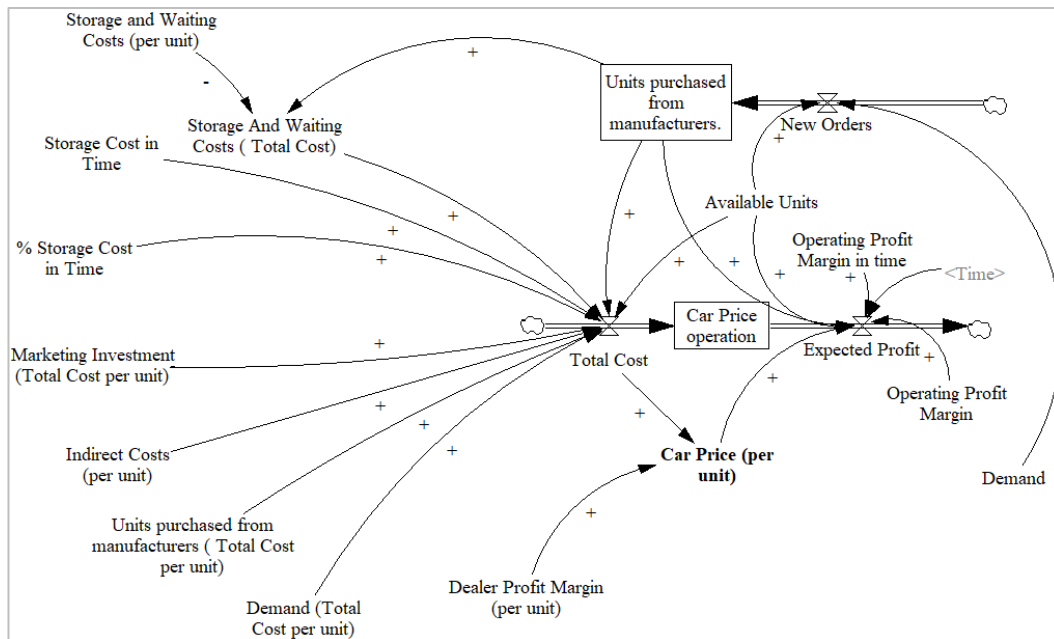


Figura 12 - Submodelo representativo do balanço financeiro.

Trata-se de um modelo com dois níveis interligados, o custo operacional dos veículos e as unidades compradas aos fabricantes, e com uma variável que é mensurada por uma escala de *Likert*, como o caso da *% Storage Cost in Time*. Dado que existe um impacto financeiro entre o período de encomenda e receção de uma viatura da marca, esse fator também foi tido em consideração, como é possível verificar na Figura 12, assim como todo o tipo de custos associados. Está definida a margem de lucro pretendida por cada concessionário e que influencia diretamente o preço de um automóvel, bem como a margem operacional a longo prazo. Este tipo de variáveis não são fixas e variam consoante a estratégia económica de cada grupo.

Outro submodelo importante é o relacionado com a aquisição de unidades junto dos fabricantes. A conectividade entre os concessionários e as unidades de fabrico é praticamente permanente, uma vez que existe interesse por parte dos consumidores na customização do produto final. As unidades requeridas diretamente ao fabricante assumem uma particular relevância no modelo desenvolvido. Além deste tipo de encomendas, nos concessionários existem sempre unidades prontas para uma venda praticamente imediata, estando por isso também abrangidas no submodelo desenvolvido, que tem como condição de entrada o nível de procura gerada.

Na Figura 13 é possível observar o submodelo referente às unidades requeridas junto dos fabricantes.

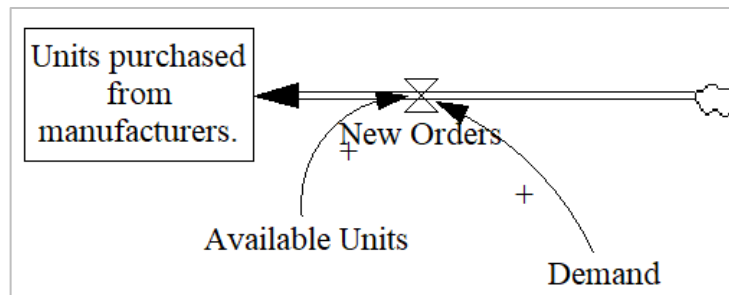


Figura 13 - Submodelo referente às unidades compradas junto dos fabricantes.

Dado que uma das variáveis chaves do modelo é a capacidade de os concessionários gerarem interesse nas suas unidades comerciáveis, a procura assenta em sim outro submodelo. Este resulta da literatura existente sobre o comportamento de aquisição do consumidor na indústria automóvel, mas também do caso de estudo com recurso a entrevistas, onde foi possível verificar toda a dinâmica existente no contexto real. Tem em consideração diversos fatores ligados com a tipologia dos veículos em si, assim como o aspeto reputacional de cada concessionário. Abrange também os diferentes tipos de créditos e incentivos financeiros que podem ser realizados para cativar os consumidores, um dos critérios mais referenciados ao longo das entrevistas realizadas, sendo que todos estes critérios e particularidades estão conectados com a capacidade de promoção dos automóveis, através do *Marketing*.

Estas variáveis afetam de forma direta a procura, como é possível verificar no submodelo da Figura 14.

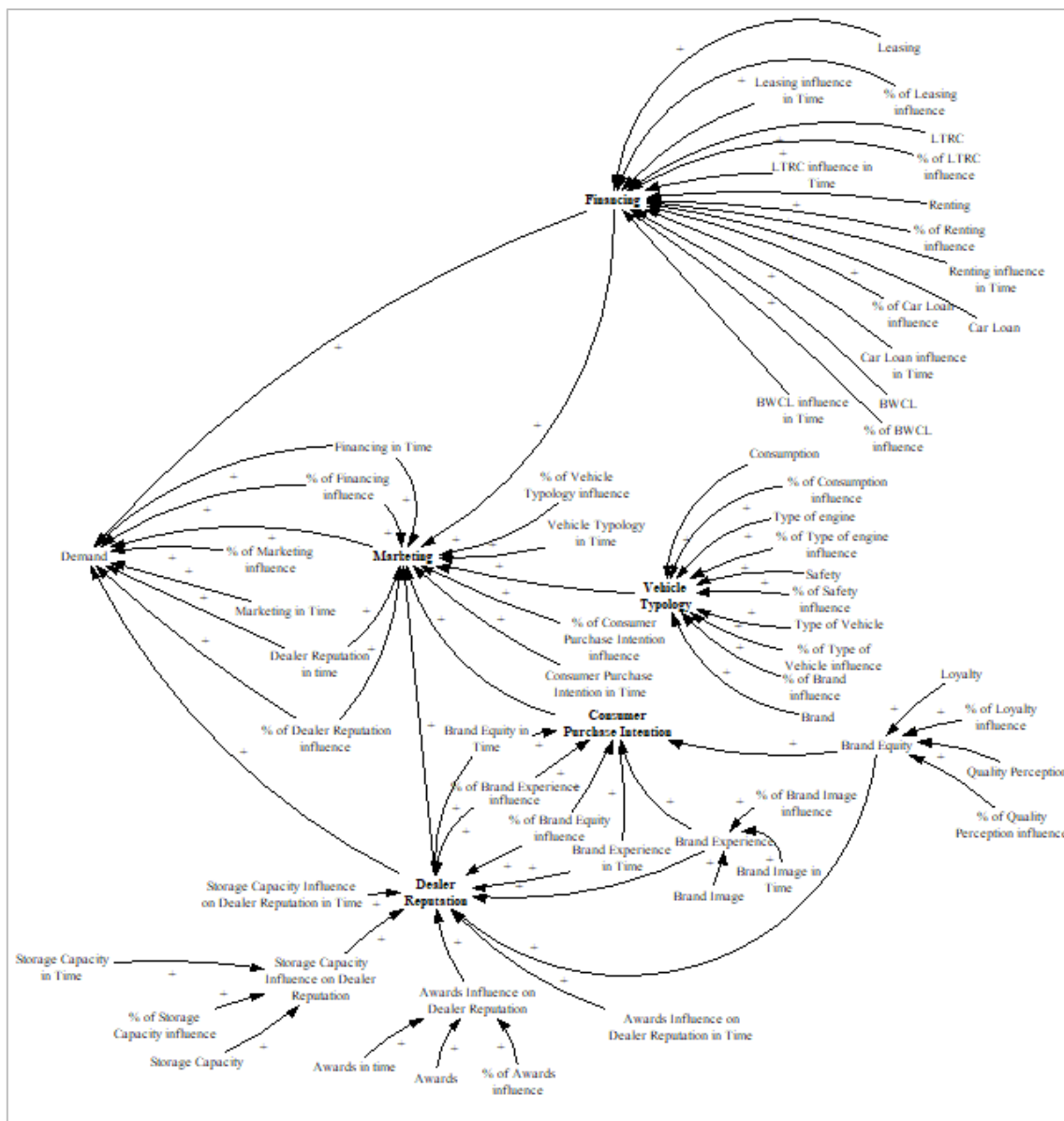


Figura 14 - Submodelo da criação de procura.

O nível de interesse dos compradores em determinada marca ou concessionário que a represente, apresenta bastante subjetividade. Trata-se do submodelo com mais variáveis mensuradas pela escala de *Likert*, permitindo assim às empresas ajustar o nível de procura consoante a sua realidade estratégica e económica.

A ligação destes submodelos, resulta no diagrama de *Stock-Flow* da Figura 15.



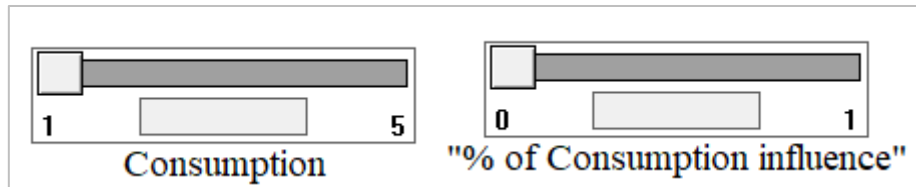


Figura 16 - Exemplo da parametrização do utilizador da variável *Consumption*.

Analisando este caso da variável *Consumption*, o utilizador poderá ajustar a mesma sem mexer diretamente no modelo, como foi frisado anteriormente. As variáveis condicionadas à escala de *Likert* estão limitadas entre o valor um, que representa um critério com praticamente nenhuma influência, e cinco, com um grande nível de influência. As variáveis percentuais, com o caso da *% of Consumption influence*, encontram-se limitadas entre zero e um, onde, por exemplo, um valor igual a 0.2 no programa, equivale a uma influência de 20% no modelo do respetivo parâmetro. Este tipo de condicionamento das variáveis, a um valor de limite superior e inferior, vai de encontro ao levantamento de dados efetuado e serve para mitigar possíveis resultados desfasados da realidade socioeconómica de cada empresa.

Relativamente às variáveis financeiras relacionadas com os custos indiretos associados ao concessionário, como os custos indiretos em si, o investimento no departamento de *Marketing* para a promoção dos veículos e da própria empresa, entre outros, encontram-se também parametrizados da mesma forma que os *outputs* anteriores. O gestor poderá colocar o valor desse tipo de custos para compreender qual o seu efeito e de que forma poderá abordar uma estratégia de encargos financeiros diferente, para melhorar o desempenho económico do grupo.

Na Figura 17 é possível observar a parametrização da variável *Indirect Cost* e da *Marketing Investment*, de acordo com o modelo definido.

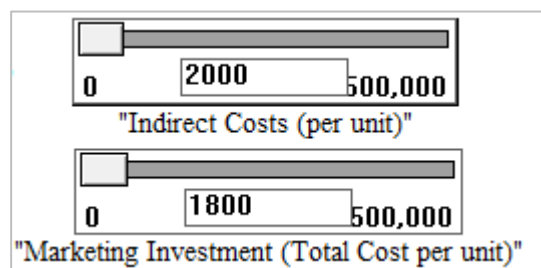


Figura 17 - Exemplo da parametrização do utilizador das variáveis financeiras.

Na Figura 18 estão presentes os restantes comandos que o utilizador poderá ajustar consoante a sua estratégia.

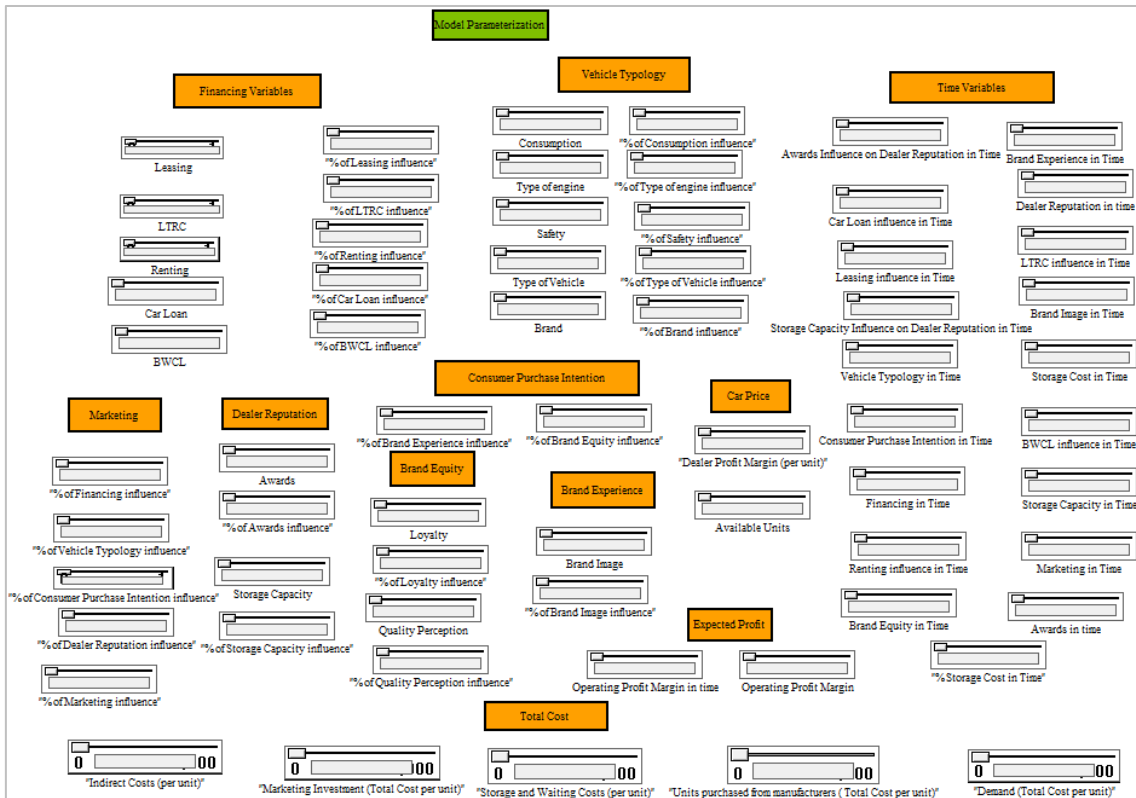


Figura 18 - Comandos de parametrização do modelo.

Além desta forma de parametrização, o utilizador poderá verificar, em tempo real, todas as dinâmicas das variáveis, existindo a possibilidade de ajudar as variáveis e ver os impactos imediatos das mesmas no modelo, como é possível observar na Figura 19. No entanto, neste tipo de ajuste, não existem valores máximos e mínimos definidos, exigindo assim um cuidado superior com a parametrização dos dados.



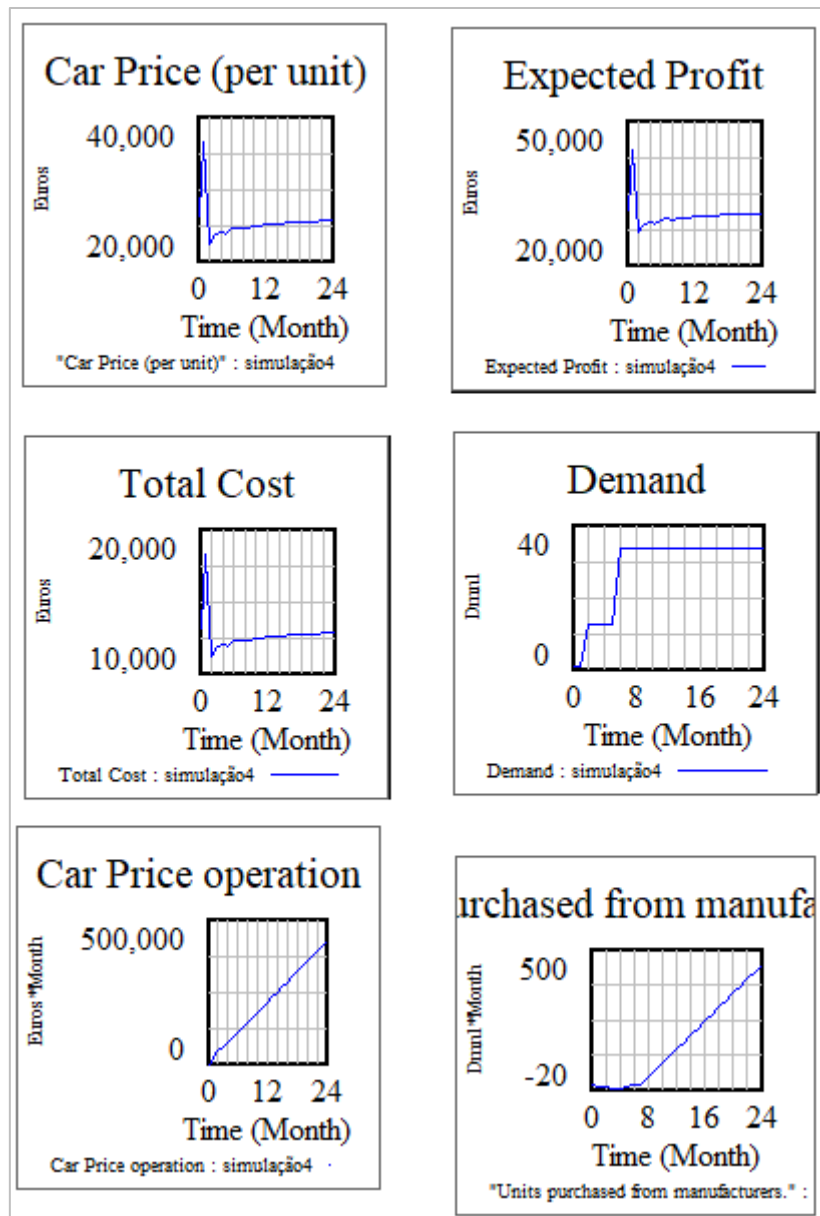


Figura 20 - Gráficos pré-definidos no modelo.

O *software* também fornece a capacidade de visualizar as variações dos parâmetros ao longo do tempo através de tabelas e exportar esses mesmos dados para outro tipo de *software*, como o caso do *Excel*. Este tipo de visualização analítica é muito importante para o utilizador prever qualquer tipo de comportamento, numa altura específica do tempo da simulação, se assim o achar relevante.

Na Figura 21 é possível observar uma tabela com os dados gerados, para uma determinada condição de simulação, do parâmetro *Car Price* e *Total Cost*.

Time (Month)	"Car Price (per unit)"	"Car Price (per unit)"	"Total Cost" Runs:	Total Cost
0		15700	Runs:	13083.3
1	Runs:	20700	simulação4	17250
2	simulação4	13481.3		11234.4
3		14392.7		11993.9
4		14714.6		12262.2
5		14906.8		12422.3
6		15046.4		12538.7
7		15157.7		12631.4
8		14030.7		11692.3
9		14574.1		12145.1
10		14764.5		12303.8
11		14897.8		12414.9
12		15007.1		12505.9
13		15101.9		12584.9
14		15186.2		12655.2
15		15262.2		12718.5
16		15331.3		12776
17		15394.3		12828.6
18		15452.2		12876.8
19		15505.4		12921.2
20		15554.4		12962
21		15599.8		12999.8
22		15641.7		13034.8
23		15680.6		13067.2
24		15716.7		13097.3

Figura 21 - Tabela disponibilizada pelo software, com dados de uma simulação das variáveis *Car Price* e *Total Cost*.

Por fim, o *software* permite a criação de diagramas de árvore, a partir de qualquer variável que o utilizador pretenda. Estes tipos de diagramas permitem verificar os diferentes níveis de relações que existem entre os diferentes parâmetros, contendo assim toda a informação estrutural de relação.

Podem ser de causas, onde é possível verificar todos os parâmetros que influenciam determinada variável, como o caso da *Financing* apresentado na Figura 22.

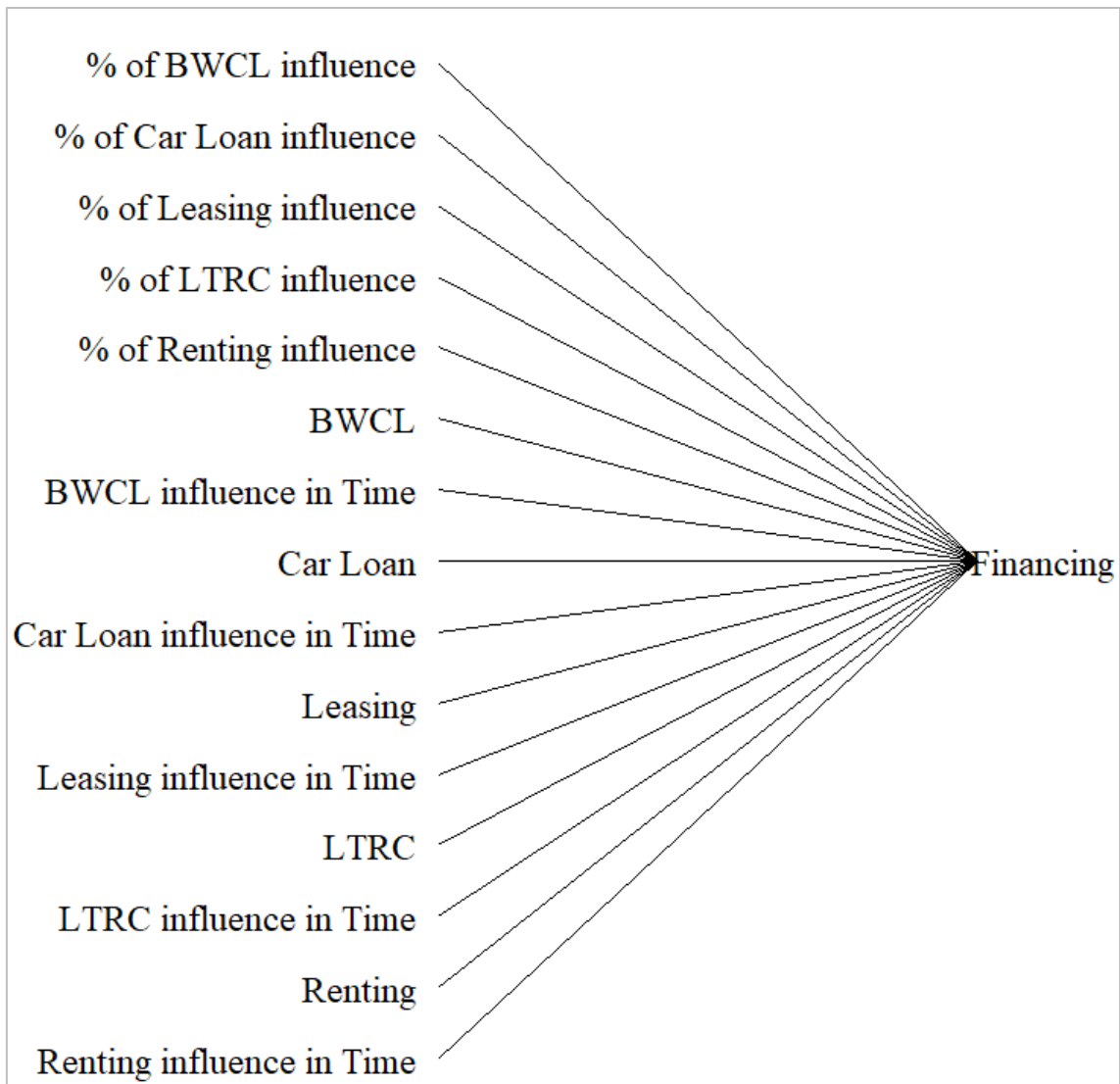


Figura 22 - Diagrama de causas da variável *Financing*.

Também podem ser de usos, onde é possível verificar qual o impacto de determinado parâmetro nas outras variáveis. Por exemplo, a variável *Brand Equity* influencia diretamente as variáveis *Dealer Reputation* e a *Consumer Purchase Intention*, sendo que estas, por sua vez, influenciam diretamente o *Marketing*, e a primeira a *Reputation*, como é possível verificar na Figura 23.

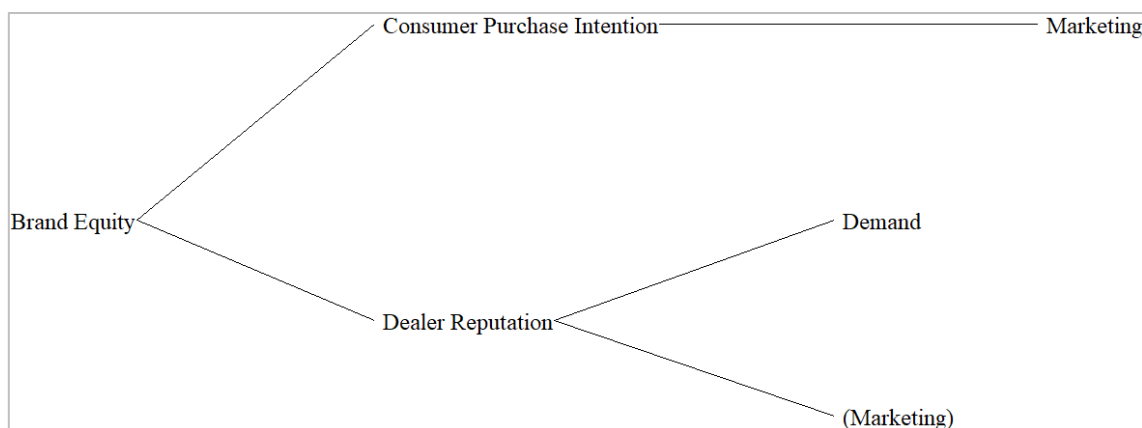


Figura 23 - Diagrama de usos da variável *Brand Equity*.

Em suma, estes dois tipos de diagramas permitem ao utilizador avaliar o nível de influência de um determinado parâmetro e aferir sobre a sua validade para a sua estratégia socioeconómica.

### 3.6. Validação do modelo com sistema real

A validação de um sistema de apoio à decisão é uma etapa importante, uma vez que permite perceber sobre a sua real capacidade, bem como intender todas as suas limitações adjacentes. Sem este tipo de contexto, um modelo de simulação pode provocar erros estratégicos com elevado impacto financeiro nas empresas, no entanto, esta tipo de parametrização e simulação de cenários reais não implica que ocorra uma aproximação completa, mas sim algo similar que permita servir de apoio para prever comportamentos e evoluções de futuros cenários, sendo por isso necessário precaver o modelo com as variáveis mais impactantes para a definição de uma estratégia socioeconómica.

Seguindo a premissa, efetuou-se uma validação do modelo desenvolvido com dados reais de vendas de uma das empresas entrevistadas, para um segmento específico de comercialização. Os dados são referentes às vendas de um Toyota Yaris 1.0 *Comfort*, viatura vendida como seminova, uma vez que serve de automóvel de frota para a própria empresa, e o período temporal de análise da comercialização da mesma está compreendido entre 2018 e 2019, uma vez que as vendas para períodos homólogos seguintes do último ano referido, foram afetadas pela pandemia, deixando assim de ser possível efetuar qualquer tipo de análise equilibrada e fidedigna, dado o acontecimento anómalo.

Definiu-se com o gestor da empresa a parametrização da procura de acordo com a sua realidade e o número de vendas que tem da unidade, ajustando assim todas as variáveis descritas no capítulo anterior, ficando essa definida, em média, nas seis

unidades comercializadas por mês. Além deste parâmetro, precisou-se toda a política de custos associados, bem como as margens aplicadas.

Na Tabela 8 encontram-se os dados reais e os dados gerados pela simulação, no mesmo período.

Tabela 8 - Comparação de valores entre os dados reais e os simulados.

Mês	Dados reais			Dados gerados pelo <i>Vensim</i>		
	Custos Totais por unidade (€)	Preço do veículo por unidade (€)	Lucro obtido por mês (€)	Custos Totais por unidade (€)	Preço do veículo por unidade (€)	Lucro obtido por mês (€)
1	11326	12250	8702	13650	14333	7733
2	11300	12750	5915	11532	12109	6294
3	11132	12000	6208	11544	12121	6400
4	11168	11500	6242	11553	12130	6433
5	11204	12000	5833	11560	12138	6455
6	11186	12000	6259	11565	12143	6471
7	11347	12000	6481	11569	12148	6483
8	11363	12000	6016	11573	12152	6491
9	11352	12000	6127	11576	12155	6498
10	11327	12000	6195	11578	12157	6504
11	11369	12000	5833	11580	12159	6509
12	11285	12000	6646	11582	12161	6513
13	11809	13000	7146	11583	12199	6516
14	11393	12500	6644	11585	12185	6519
15	11658	12750	6552	11586	12165	6522
16	11624	12750	6755	11587	12166	6524
17	11675	12750	6450	11587	12167	6526
18	11705	12750	6270	11688	12168	6528
19	12469	13750	7688	11861	12365	6530
20	12525	13750	7351	11889	12469	6532
21	11564	12750	7116	11590	12670	6533
22	11585	12750	6992	11590	12401	6535
23	11604	12750	6879	11591	12388	6536
24	11681	12750	6415	11591	12255	6537

Uma vez que a Tabela 8 não permite uma análise cuidada e perceptível para aferir o nível de validade do modelo, efetuou-se uma análise gráfica e matemática, com

recurso ao Erro Percentual Absoluto Médio (*MAPE*), através do programa *Excel*, de cada parâmetro comparativo.

Na Figura 24 observa-se o gráfico comparativo dos valores reais com os simulados, para a variável custos totais por unidade.

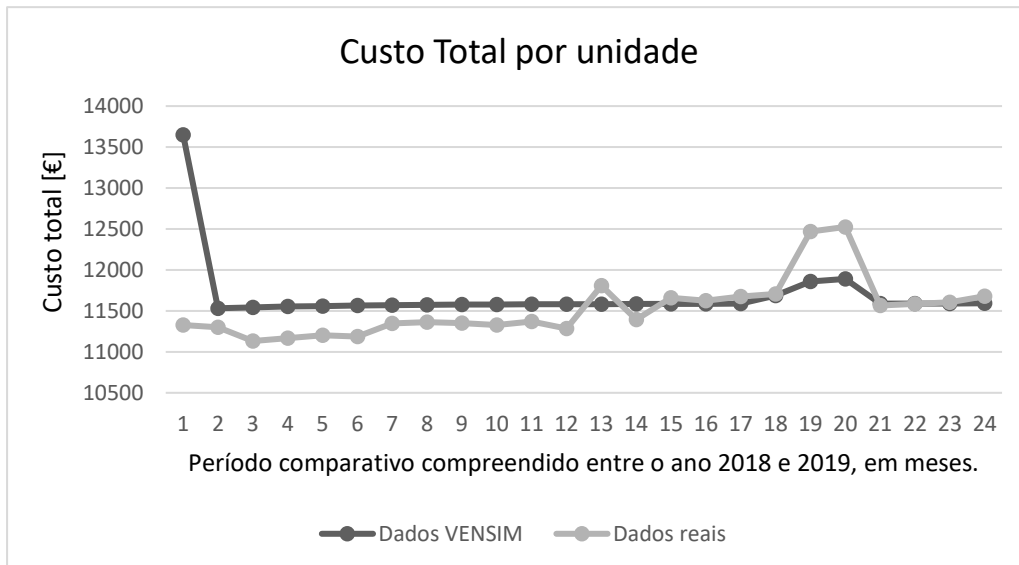


Figura 24 - Comparação gráfica entre os valores reais e os simulados, para a variável custo total por unidade.

Através da análise gráfica é possível verificar um comportamento similar dos valores simulados para com os reais, para a maioria dos períodos. No período de iniciação verifica-se uma disparidade de valores, relativamente ao custo inicial, uma vez que o modelo não tem em conta a existência já de uma estrutura capaz de suportar os impactos iniciais dos custos, como é o caso dos dados reais, mas a partir do valor do mês dois, essa situação é normalizada e os dados passam a possuírem uma dada proximidade. No período correspondente ao mês 13, o custo tem uma subida acentuada face ao mês transato, uma vez que foi necessário proceder a uma pequena reparação corretiva nas unidades vendidas, por imposição do fabricante, fator esse que não é tido em conta no modelo, uma vez que se trata de uma situação anómala e que não é do controlo do concessionário. Relativamente aos períodos 19 e 20, a subida acentuada verificou-se devido à entrada da condicionante pandémica, o que acabou por acarretar um custo maior ao concessionário por unidade. O modelo simulado, segue a mesma tendência de subida de custo, uma vez que foi programado para o mesmo efeito, no entanto com uma pequena discrepância face ao valor real.

Para uma melhor perceção das diferenças percentuais entre os valores, foi efetuada uma análise matemática da variável, presente na Tabela 9.

Tabela 9 - *MAPE* para a variável custos totais por unidade.

Mês	Dados reais	Dados gerados pelo <i>Vensim</i>	Erro absoluto percentual (%)
	Custos Totais por unidade (€)	Custos Totais por unidade (€)	
1	11326	13650	20,52
2	11300	11532	2,06
3	11132	11544	3,70
4	11168	11553	3,45
5	11204	11560	3,17
6	11186	11565	3,39
7	11347	11569	1,96
8	11363	11573	1,85
9	11352	11576	1,97
10	11327	11578	2,21
11	11369	11580	1,86
12	11285	11582	2,63
13	11809	11583	1,91
14	11393	11585	1,68
15	11658	11586	0,62
16	11624	11587	0,32
17	11675	11587	0,75
18	11705	11688	0,14
19	12469	11861	4,87
20	12525	11889	5,07
21	11564	11590	0,22
22	11585	11590	0,05
23	11604	11591	0,11
24	11681	11591	0,77
<i>MAPE (%)</i>			2,72

O erro percentual absoluto médio para os dados, no seu geral, é bastante satisfatório, com uma aproximação considerável dos dados simulados aos reais. É possível verificar que os pontos de maior discrepância são os que foram frisados, através da análise gráfica, anteriormente, como o caso da inicialização do modelo e para o caso dos períodos compreendidos entre o mês 19 e 20.

Na Figura 25 é possível observar-se o gráfico comparativo dos valores reais com os simulados, para o parâmetro preço do veículo por unidade.

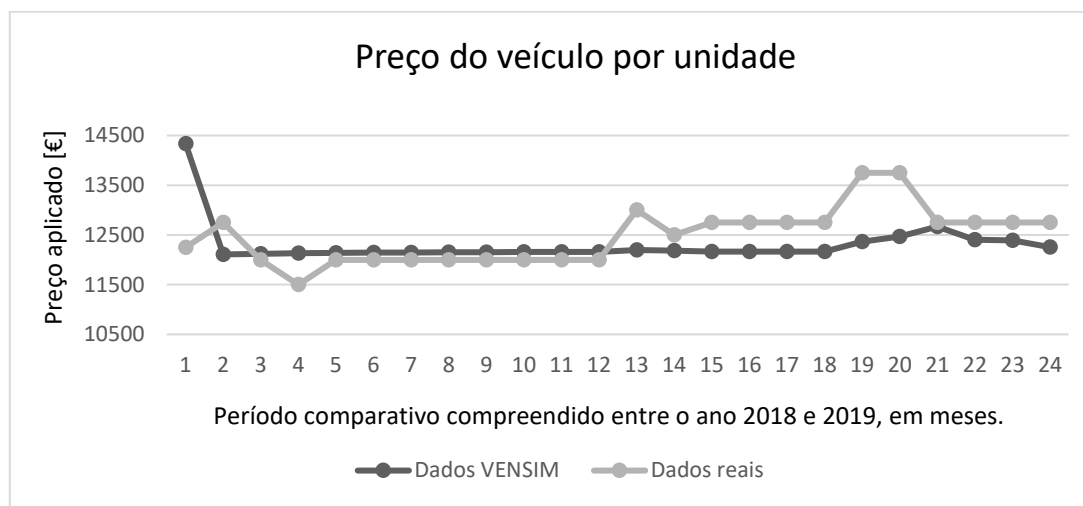


Figura 25 - Comparação gráfica entre os valores reais e os simulados, para a variável preço do veículo por unidade.

Verifica-se novamente uma similaridade entre os valores simulados e os reais, para a maioria dos períodos. No período de iniciação volta-se a verificar a mesma situação para a variável anterior, mas a partir do valor do mês dois, essa situação é normalizada e os dados passam a possuírem uma dada proximidade. No período correspondente ao mês dois, o preço do veículo sofre um incremento considerável face ao período transato, que não ocorre no modelo simulado, no entanto, essa subida acaba por se encontrar colmatada face à descida do valor inicial da simulação. No mês 13, o aumento do preço praticado no valor real, serviu para compor a situação transcrita anteriormente, acontecendo o mesmo efeito para os períodos 19 e 20.

Na Tabela 10 é possível observar a análise matemática da variável.

Tabela 10 - MAPE para a variável preço do veículo por unidade.

Mês	Dados reais	Dados gerados pelo <i>Vensim</i>	Erro absoluto percentual (%)
	Preço do veículo por unidade (€)	Preço do veículo por unidade (€)	
1	12250	14333	17,00
2	12750	12109	5,03
3	12000	12121	1,01
4	11500	12130	5,48
5	12000	12138	1,15

6	12000	12143	1,19
7	12000	12148	1,23
8	12000	12152	1,26
9	12000	12155	1,29
10	12000	12157	1,31
11	12000	12159	1,33
12	12000	12161	1,34
13	13000	12199	6,16
14	12500	12185	2,52
15	12750	12165	4,59
16	12750	12166	4,58
17	12750	12167	4,57
18	12750	12168	4,57
19	13750	12365	10,07
20	13750	12469	9,32
21	12750	12670	0,63
22	12750	12401	2,74
23	12750	12388	2,84
24	12750	12255	3,88
<i>MAPE (%)</i>			3,96

O erro percentual absoluto médio, no seu geral, é bastante satisfatório, com uma aproximação eficaz dos dados simulados aos reais. Os pontos de maior discrepância são os que foram frisados anteriormente, através da análise gráfica como o caso da inicialização do modelo, do mês 13 e para o caso dos períodos compreendidos entre o mês 19 e 20.

Na Figura 26 é possível observar o gráfico comparativo dos valores reais com os simulados, para o parâmetro lucro obtido por mês.

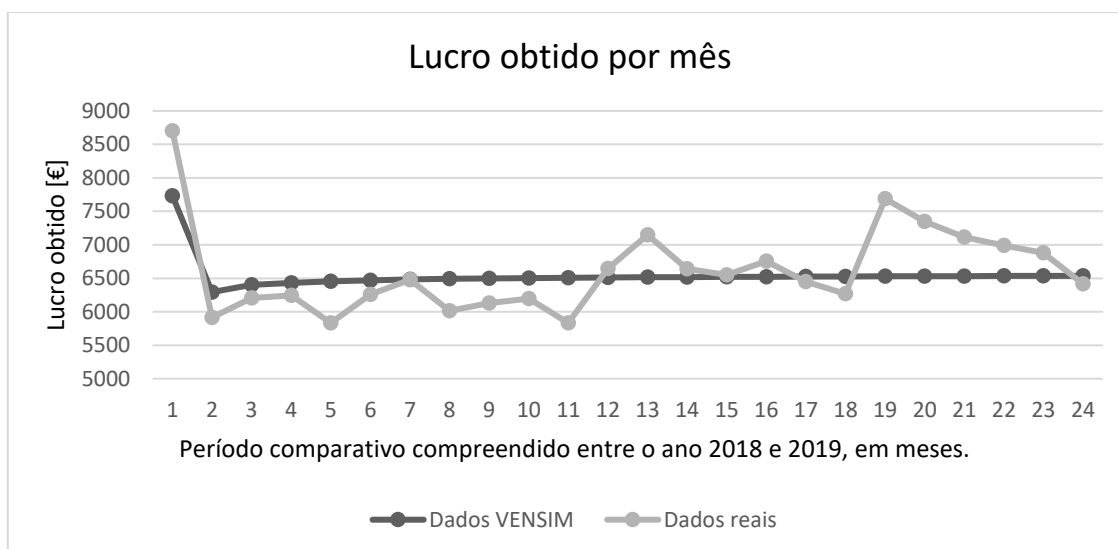


Figura 26 - Comparação gráfica entre os valores reais e os simulados, para a variável lucro obtido por mês.

Existe, no geral, uma similaridade entre valores simulados e os reais, para a maioria dos períodos. No período de iniciação volta-se a verificar a mesma situação descrita para as variáveis anteriores, mas a partir do valor do mês dois, essa situação é normalizada e os dados passam a possuírem uma proximidade. No mês 13, o aumento do preço praticado, bem como o aumento de custos, levou a que se aumentassem as margens de lucro para colmatar as situações anteriormente descritas, acontecendo o mesmo efeito para os períodos 19 e 20.

Nos restantes meses em que o lucro real é inferior ao simulado, como o caso do mês cinco e o período compreendido entre o mês oito e o onze, este último mais acentuado, as diferenças acabam por se colmatarem com os restantes valores sobrevalorizados.

Na Tabela 11 é possível observar a análise matemática do parâmetro em causa.

Tabela 11 - MAPE para a variável lucro obtido por mês.

Mês	Dados reais	Dados gerados pelo <i>Vensim</i>	Erro absoluto percentual (%)
	Lucro obtido por mês (€)	Lucro obtido por mês (€)	
1	8702	7733	11,14
2	5915	6294	6,41
3	6208	6400	3,09
4	6242	6433	3,06
5	5833	6455	10,67
6	6259	6471	3,40
7	6481	6483	0,03
8	6016	6491	7,90

9	6127	6498	6,05
10	6195	6504	4,99
11	5833	6509	11,58
12	6646	6513	2,01
13	7146	6516	8,82
14	6644	6519	1,88
15	6552	6522	0,46
16	6755	6524	3,42
17	6450	6526	1,18
18	6270	6528	4,12
19	7688	6530	15,06
20	7351	6532	11,14
21	7116	6533	8,18
22	6992	6535	6,54
23	6879	6536	4,98
24	6415	6537	1,91
<i>MAPE (%)</i>			5,75

Relativamente aos outros parâmetros mensurados, o *MAPE* subiu ligeiramente em relação ao calculado para os outros parâmetros, no entanto, esta subida, que se enquadra num valor aceitável, poderá ser explicada pelas margens consideradas na simulação pelo gestor e que poderiam não corresponder às aplicadas, sobretudo no primeiro ano de análise.

Perante os resultados obtidos, o modelo, no geral, cumpre com os objetivos propostos e serve como uma base sólida para ajudar na tomada de decisão através da simulação de estratégias implementadas.

### 3.7. Análise e comparação de cenários

O programa permite também, além de inúmeras simulações, analisar várias estratégias comerciais em simultâneo, podendo assim o utilizador comparar e analisar diferentes cenários.

Para avaliar esta funcionalidade do *software* desenvolveu-se, numa primeira fase, dois cenários diferentes e alteraram-se sete variáveis, descritas na Tabela 12.

Tabela 12 - Variáveis alteradas do cenário 1 para o cenário 2.

Variável	Valor no cenário 1	Valor no cenário 2
<i>Brand</i>	4	5
<i>Consumption</i>	4	5
<i>Safety</i>	4	5
<i>Type of Vehicle</i>	4	5
<i>Dealer Profit Margin (per unit)</i>	2	2.5
<i>Operating Profit Margin</i>	1.2	1.5
<i>Operating Profit Margin in time</i>	1.15	1.4

O objetivo desta primeira comparação de cenários, seria avaliar a influência dos parâmetros associados à procura, com um aumento de valores nas variáveis associadas às características do veículo e uma maior valorização da própria marca. Face a este aumento e para perceber a sensibilidade do modelo, alteraram-se também as margens de lucro para valores superiores.

Os restantes parâmetros mantiveram-se iguais e os efeitos das alterações efetuadas foram sentidas nos parâmetros apresentados na Figura 27.

Time (Month)	"Car Price (per unit)"	"Car Price (per unit)"	"Expected Profit" Runs:	Expected Profit	"Demand" Runs:	Demand	
0	45625	36500	CENÁRIO 2	68437.5	43800	0.5625	
1	CENÁRIO 2	28050	22440	CENÁRIO	42075	26928	12.335
2	CENÁRIO	29808.7	23847	1.vdfr	44713.1	28616.4	12.335
3	1.vdfr	30023.7	24019	45035.6	28822.8	12.335	12.335
4		29722.8	23778.2	44584.2	28533.9	12.335	12.335
5		30729.6	24583.7	46094.4	29500.4	34.5498	33.5127
6		30823.5	24658.8	46235.2	29590.5	34.5498	33.5127
7		30755.5	24607.4	46133.2	29528.8	34.5498	33.5127
8		30889.8	24714.2	46334.8	29657	34.5498	33.5127
9		31027.6	24824	46541.5	29788.8	34.5498	33.5127
10		31155.7	24926.2	46733.6	29911.4	34.5498	33.5127
11		31272.2	25019.2	46908.4	30023	34.5498	33.5127
12		31377.6	25103.2	47066.4	30123.9	34.5498	33.5127
13		31472.6	25179.1	47208.9	30215	34.5498	33.5127
14		31558.3	25247.6	47337.5	30297.1	34.5498	33.5127
15		31635.7	25309.4	47453.6	30371.3	34.5498	33.5127
16		31705.7	25365.3	47558.6	30438.4	34.5498	33.5127
17		31769.1	25416	47653.7	30499.2	34.5498	33.5127
18		31826.7	25461.9	47740	30554.3	34.5498	33.5127
19		31878.9	25503.7	47818.4	30604.4	34.5498	33.5127
20		31926.6	25541.7	47889.8	30650.1	34.5498	33.5127
21		31970	25576.5	47955	30691.7	34.5498	33.5127
22		32009.8	25608.2	48014.6	30729.9	34.5498	33.5127
23		32046.2	25637.3	48069.2	30764.8	34.5498	33.5127
24							

Figura 27 - Comparação dos resultados de simulação do cenário 1 e 2.

Através dos dados gerados pela simulação, é possível verificar, como era inicialmente expectável, que a maioria das alterações produzidas teriam um impacto direto nas variáveis *Demand*, *Expected Profit* e na *Car Price*, uma vez que o foco da alteração dos dados incidiu sobre os parâmetros que influenciam diretamente estes três parâmetros.

Este cenário permitiu perceber como é que com uma margem de lucro maior aplicada nas vendas, através da comercialização de um mesmo automóvel, mas com um tipo de promoção diferente, que o tornar ainda mais apelativo ao mercado, poderia o concessionário beneficiar economicamente.

Do cenário 1 para o cenário 2, é possível verificar que a procura se manteve idêntica, com o acréscimo de uma venda a mais no mesmo período. Já o lucro esperado e o preço do automóvel por unidade subiram consideravelmente, cobrando-se, em média, aproximadamente, mais 6200 euros por unidade, com um lucro esperado por volta dos 17 mil euros. Estes valores surgiram da análise dos dados com recurso ao *Excel*.

Na Figura 28 é possível observar a análise gráfica gerada pelo *software* sobre a comparação dos dois cenários.

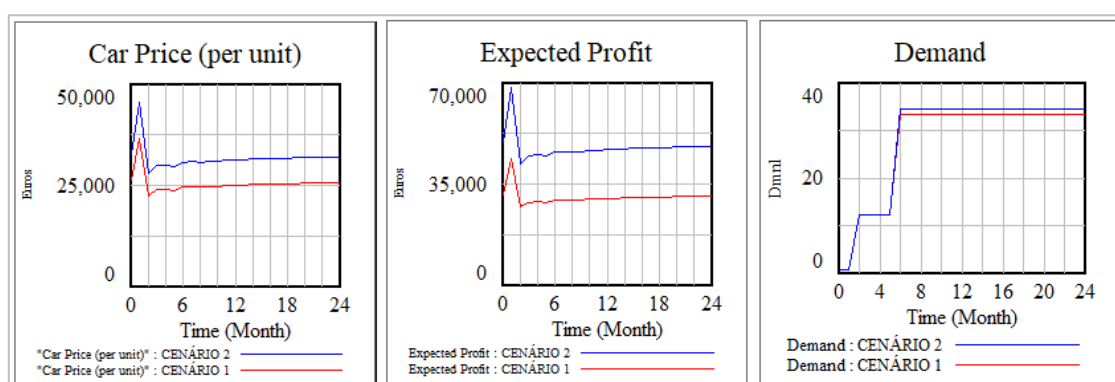


Figura 28 - Comparação gráfica entre o cenário 1 e 2.

Para analisar a influência das variáveis relacionadas com o tempo de efeito, definidas no modelo com o nome do parâmetro acrescidas de *in Time*, realizou-se uma simulação tendo por base o cenário dois, mas com um período de impacto das mesmas menor. Os parâmetros de ponderação da escala de *Likert* também foram redefinidos, assim como os variáveis *Awards*, *Loyalty* e *Brand Image*. As alterações efetuadas ao cenário três em relação ao cenário dois, estão descritas na Tabela 13.

Tabela 13 - Variáveis alteradas do cenário 2 para o cenário 3.

Variável	Valor no cenário 2	Valor no cenário 3
<i>Awards</i>	5	3
<i>Brand Image</i>	4	3
<i>Loyalty</i>	4	3
<i>% of Awards influence</i>	0.95	1
<i>% of Brand Equity influence</i>	0.80	1
<i>% of Brand Experience influence</i>	0.85	1

<i>% of Brand influence</i>	0.4	1
<i>% of Consumer Purchase Intention influence</i>	0.9	1
<i>% of Consumption influence</i>	0.25	1
<i>% of Dealer Reputation influence</i>	0.85	1
<i>% of Financing influence</i>	0.75	1
<i>% of Marketing influence</i>	0.85	1
<i>% of Safety influence</i>	0.45	1
<i>% of Storage Capacity influence</i>	0.7	1
<i>% of Type of engine influence</i>	0.35	1
<i>% of Type of Vehicle influence</i>	0.6	1
<i>% Storage Cost in Time</i>	0.85	1
<i>Awards Influence on Dealer Reputation in Time</i>	4	3
<i>Brand Equity in Time</i>	6	3
<i>Brand Experience in Time</i>	4	3
<i>Consumer Purchase Intention in Time</i>	4	3
<i>Dealer Reputation in Time</i>	2	3
<i>Financing in Time</i>	3.5	3

Na Figura 29 são apresentados os resultados que as alterações dos valores das variáveis provocaram.

Time (Month)	"Demand"	Demand	"Expected Profit"	Expected Profit	"Car Price (per unit)"	Car Price (per unit)	"Total Cost"	Total Cost				
0	Runs:	0.5625	1	Profit: Runs: 49151.8	49151.8	32767.9	32767.9	Runs: 13107.1	13107.1			
1	CENÁRIO 2	0.5625	1	CENÁRIO 2	68437.5	68437.5	Runs: 45625	45625	CENÁRIO 2	18250	18250	
2	simulação de	12.335	1	simulação de	42075	42937.5	CENÁRIO 2	28050	28625	simulação de	11220	11450
3	comparação	12.335	53	comparação	44713.1	45710.2	simulação de	29808.7	30473.5	comparação	11923.5	12189.4
4	cenário 1 2	12.335	53	cenário 1 2	45035.6	46721.8	comparação	30023.7	31147.9	cenário 1 2	12009.5	12459.2
5	3.vdfx	12.335	53	3.vdfx	44584.2	44855.1	cenário 1 2	29722.8	29903.4	3.vdfx	11889.1	11961.4
6		34.5498	53		46094.4	46125.2	3.vdfx	30729.6	30750.1		12291.8	12300
7		34.5498	53		46235.2	46779.5		30823.5	31186.3		12329.4	12474.5
8		34.5498	53		46133.2	47242.4		30755.5	31494.9		12302.2	12598
9		34.5498	53		46334.8	47593.8		30889.8	31729.2		12355.9	12691.7
10		34.5498	53		46541.5	47868.7		31027.6	31912.5		12411.1	12765
11		34.5498	53		46733.6	48088.2		31155.7	32058.8		12462.3	12823.5
12		34.5498	53		46908.4	48266		31272.2	32177.3		12508.9	12870.9
13		34.5498	53		47066.4	48412		31377.6	32274.7		12551	12909.9
14		34.5498	53		47208.9	48533.2		31472.6	32355.5		12589	12942.2
15		34.5498	53		47337.5	48635.1		31558.3	32423.4		12623.3	12969.4
16		34.5498	53		47453.6	48721.4		31635.7	32481		12654.3	12992.4
17		34.5498	53		47558.6	48795.4		31705.7	32530.3		12682.3	13012.1
18		34.5498	53		47653.7	48859.3		31769.1	32572.9		12707.7	13029.1
19		34.5498	53		47740	48914.9		31826.7	32609.9		12730.7	13044
20		34.5498	53		47818.4	48963.7		31878.9	32642.5		12751.6	13057
21		34.5498	53		47889.8	49006.9		31926.6	32671.3		12770.6	13068.5
22		34.5498	53		47955	49045.3		31970	32696.8		12788	13078.7
23		34.5498	53		48014.6	49079.6		32009.8	32719.7		12803.9	13087.9
24		34.5498	53		48069.2	49110.4		32046.2	32740.3		12818.5	13096.1

Figura 29 - Comparação dos resultados de simulação do cenário 2 e 3.

Verifica-se que a variável procura cresceu de forma substancial, uma vez que a alteração de parâmetros relacionados com a maturação de um variável ao longo do tempo foram encurtados, traduzindo-se no efeito prático de atingirem um impacto mais cedo nos consumidores. Relativamente ao lucro esperado, e de acordo com a análise efetuada dos dados no programa *Excel*, houve uma subida ligeira, aproximadamente 1000 euros em relação ao cenário 2, ocorrendo o mesmo efeito no preço do automóvel por unidade e na variável do custo total associado à comercialização e encargos. Este último custo subiu em comparação com o cenário base, porque a mudança de estratégia para um impacto mais curto acaba por acarretar um tipo de investimento superior em relação a uma metodologia de comercialização mais diluída no tempo, traduzindo-se assim no custo dos automóveis e na margem de lucro.

Na Figura 30 é possível observar-se a análise gráfica das principais variáveis afetadas pelas alterações.



Figura 30 - Comparação gráfica entre o cenário 2 e 3.

Em suma, a comparação de diferentes cenários possibilitou a verificação da versatilidade do modelo, permitindo ao utilizador encetar a sua estratégia socioeconómica de acordo com a sua realidade. Permitiu também aferir sobre a possibilidade de simular diferentes cenários, tendo por base a mesma metodologia, mas com alterações pontuais e avaliar qual seria o melhor impacto a longo prazo das diferentes estratégias. Além dos dados gerados que podem ser tratados com recurso a outras ferramentas, como o caso do *Excel*, entre outras, o *software* mostrou-se bastante dinâmico e apelativo, devido à capacidade de análise gráfica que dispõe.

### 3.8. Considerações finais

O modelo cumpre o propósito para o qual foi desenvolvido, sendo uma ferramenta intuitiva e totalmente parametrizável pelo utilizador.

Face aos resultados decorrentes das simulações efetuadas, este possui um impacto mais significativo quando utilizado de uma forma segmentada. Dado que avalia diferentes componentes no processo de comercialização de um automóvel, é aconselhável a afinação do mesmo por diversos departamentos da própria empresa e

que quando aplicado a um modelo automóvel em específico, acaba por produzir resultados ainda mais efetivos, uma vez que permite analisar de uma forma mais concisa todos os parâmetros envolvidos na comercialização para aquele segmento em específico. Um gestor poderá gerir um concessionário que possui segmentos premiados e outros que não, poderá ter diferentes modelos da mesma marca, com inúmeras configurações possíveis, o que acaba por ditar um tipo de investimento num *marketing* direcionado, fazendo, por isso, variar os custos associados.

Tendo em conta todos estes fatores e ponderações, o utilizador deve utilizar o *software* como uma ferramenta de auxílio para delinear a estratégia da empresa num tipo de segmento automóvel e não para todos em simultâneo.

O espaço temporal do modelo é de vinte e quatro meses, contudo alguns parâmetros ligados com o período decorrido, definidos no modelo com o nome do parâmetro acrescido de *in Time*, traduzem o tempo, em meses, em que as variáveis que lhes estão associadas demoram a originar o seu propósito e podem precisar de um horizonte temporal superior, como o caso do parâmetro que afere a influência da premiação do concessionário na sua reputação, definido no programa como *Awards Influence on Dealer Reputation in Time*.

No modelo é assumido que as empresas conseguem uma resposta para toda a procura, o que poderá não ocorrer, pontualmente, em alguns concessionários com menor expressão de determinada marca. Essas empresas estão, por vezes, limitadas à sua quota de mercado, face a competidores que comercializem o mesmo modelo, e podem não conseguir corresponder às expectativas para um período de entrega consensual acordado com os consumidores. No entanto, o utilizador do programa poderá pré-definir o mesmo de acordo com a sua dimensão no modelo.

# **4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS**

- 4.1 CONCLUSÕES**
- 4.2 CONTRIBUTOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS**
- 4.3 DIFICULDADES ENCONTRADAS**
- 4.4 LIMITAÇÕES DO MODELO E PROPOSTAS DE TRABALHOS  
FUTUROS**



## 4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 4.1. CONCLUSÕES

A dissertação procurou compreender quais são os fatores que influenciam a venda de automóveis em Portugal e através dessa análise indagou-se criar e desenvolver um modelo de apoio à decisão, baseado na dinâmica de sistemas, para analisar a evolução das vendas de automóveis no território nacional. Dada a amplitude de oferta no tecido empresarial do setor, a capacidade do modelo desenvolvido em ser uma ferramenta de análise flexível e versátil, permitindo ajustar-se à realidade estratégica e económica de cada concessionário, assumiu-se como um critério fundamental. A forma simples e intuitiva como foi desenvolvido, permite auxiliar os utilizadores na tomada de decisão e a definir, ou até mesmo redefinir, estratégias de ação e resposta face à variação dos diversos fatores que influenciam o preço do automóvel, o lucro esperado, a procura, os custos associados, entre outros, permitindo assim testar e avaliar as ponderações das suas decisões e estratégias.

Uma vez que o *software* exige um conhecimento aprofundado no seu manuseamento e programação, optou-se por se desenvolver um sistema em que a componente gráfica tivesse um impacto considerável, quer pela criação de caixas de ajuste das variáveis, quer pela componente de análise gráfica aos principais parâmetros, possibilitando assim o uso da ferramenta da forma mais acessível e dinâmica possível.

Para que o sistema desenvolvido foi o mais ajustado possível à realidade do setor, além da pesquisa da literatura existente, realizou-se um conjunto de entrevistas a vários intervenientes do mesmo, para contribuírem na modelação de toda a dinâmica particular das vendas de automóveis em Portugal.

A dissertação foi desenvolvida com recurso ao *software Vensim*, tendo por base os conceitos de simulação e da dinâmica de sistemas, uma vez que permite, após cada simulação, uma análise cuidada da evolução e comportamento do modelo. A capacidade gráfica e de tratamento de dados gerados, esteve na base da escolha deste programa, uma vez que o mesmo permitia alcançar os objetivos pretendidos com um nível de rigor e excelência superior, face a outras opções disponíveis.

Os resultados obtidos através da validação do sistema foram satisfatórios e deu para verificar que o modelo cumpre com o seu propósito, existindo ainda espaço para melhorias futuras do mesmo.

## 4.2. Contributos técnicos e científicos

O nível de aplicabilidade da Indústria 4.0 é imenso e transversal a vários setores de atividade. Não obstante a esta oportunidade, a indústria automóvel tem tirado proveito da mesma. A aplicação da inteligência artificial em atividades como a gestão e otimização de processos, comunicação interna e externa com os parceiros económicos, integração de processos, entre outros, permitiu alavancar o setor e os concessionários automóvel não são exceção, num setor em que as ofertas customizadas ganharam um elevado relevo e a forma como são correspondidas às expectativas dos consumidores deve-se, em boa parte, à indústria 4.0. A simulação, ligada à dinâmica de sistemas, é uma ferramenta muito útil e eficaz no auxílio da tomada de decisão, como ficou patente na dissertação realizada, uma vez que permite planificar estratégias e avaliar o nível de impacto das mesmas, antes de se tomar uma decisão final sobre a mais valia das mesmas.

Esta dissertação ajudou a compreender todo o nível de amplitude importância da indústria 4.0 no setor comercial de automóveis, com um enfoque principal na simulação e na dinâmica de sistemas, que estiveram na base de todo o modelo desenvolvido, uma vez que prever, detalhar e segmentar estratégias comerciais atribui um campo de visão mais amplo, conciso e estruturado para o decisor.

## 4.3. Dificuldades encontradas

Relativamente às dificuldades encontradas, a principal foi com a construção da ferramenta de apoio à decisão. Apesar de ser um *software* de excelência e amplamente divulgado, principalmente no âmbito da dinâmica de sistemas, a falta de conhecimento do mesmo obrigou a um maior esforço de compreensão e a uma pesquisa aprofundada sobre os comandos e características técnicas para ultrapassar as barreiras que se foram formando para obter o modelo final.

Dado o grau de versatilidade do modelo, existiu algumas dificuldades em quantificar a definição das relações quantitativas das variáveis qualitativas, uma vez que as mesmas possuem um campo de influência particular em cada empresa.

Por fim, destaca-se também as consequências da pandemia, que afetou consideravelmente a realização do caso de estudo, com recurso às entrevistas, uma vez que não permitiu o contacto direto e que acabaram por se realizarem com recurso a plataformas digitais, mas também, no geral, da pouca abertura para a partilha de dados internos por parte dos entrevistados, uma vez que se trata de uma área extremamente competitiva e que levou a que existisse alguns entraves nesse sentido.

#### 4.4. Limitações do modelo e propostas de trabalhos futuros

Dado que a dissertação desenvolvida se realizou num contexto académico e apesar do rigor do caso de estudo aplicado, com recurso às entrevistas, bem como do método de validação efetuado, pode não vir complementado alguns fatores relevantes no modelo, uma vez que exigiriam, porventura, outro tipo de conhecimento aprofundado sobre algumas temáticas. No sistema foi considerado uma procura média, de acordo com os inquéritos feitos, no entanto, seria útil associar uma formulação matemática que tivesse por base um *software* de previsão, avaliando assim padrões e características como a sazonalidade das vendas, entre outros, para tornar ainda mais fidedigno o modelo. No mesmo sentido, era importante validar o modelo económico seguido na política de crédito aplicado, introduzindo assim um fator que permitisse diferenciar situações económicas dos diferentes consumidores e ajustar automaticamente cada hipótese, de forma a salvaguardar e a captar o interesse dos mesmos. Seria interessante também avaliar, de outra perspetiva, qual o impacto que a própria marca tem nos concessionários e o tipo de competitividade que promove entre empresas, com influência direta no preço e na comercialização das unidades, de forma a criar uma solução matemática no modelo que permitisse delinear preços e estratégias face à concorrência.

A possibilidade de integrar o sistema desenvolvido com outras tecnologias da indústria 4.0, como o caso do *Big Data*, entre outras, para avaliar que vantagens traria, a nível de promoção, da venda de unidades customizadas ao modelo económico e qual o seu nível de afetação nos custos associados e no preço das viaturas, acrescentaria ainda mais qualidade ao modelo.

Por fim, além das limitações apontadas e da forma como poderiam ser resolvidas em trabalhos futuros, a possibilidade de desenvolver um sistema integrado do próprio modelo, em que cada departamento responsável pelos diferentes níveis dos parâmetros modelados, mensurava em tempo real as diferentes variáveis, facilitaria a agilização da construção do mesmo e reforçaria a tomada de decisão pelo gestor.



## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aazam, M., Khan, I., Alsaffar, A. A., & Huh, E. N. (2014). Cloud of Things: Integrating Internet of Things and cloud computing and the issues involved. *Proceedings of 2014 11th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology, IBCAST 2014*, 414–419.
- Abar, S., Theodoropoulos, G. K., Lemarinier, P., & O'Hare, G. M. P. (2017). Agent Based Modelling and Simulation tools: A review of the state-of-art software. *Computer Science Review*, 24, 13–33.
- ACAP. (2020). *Veículos automóveis produzidos em Portugal*. www.acap.pt. (Acedido em dez. 29,2020)
- ACEA. (2020). The Automobile Industry Pocket Guide 2019/2020. In *European Automobile Manufacturers' Association* (Vol. 46, Issue 1).
- Adhikari, K., & Panda, R. K. (2019). The role of consumer-brand engagement towards driving brand loyalty: Mediating effect of relationship quality. *Journal of Modelling in Management*, 14(4), 987–1005.
- AFIA. (2020). *AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóveis*. 1–9. https://afia.pt. (Acedido em dez. 28,2020)
- AFIA. (2021). *Exportações janeiro-novembro 2020 indústria de componentes para automóveis*. 1–7. https://afia.pt. (Acedido em dez. 28,2020)
- Aggarwal, R., & Singhal, A. (2019). Augmented Reality and its effect on our life. *Proceedings of the 9th International Conference On Cloud Computing, Data Science and Engineering, Confluence 2019*, 510–515.
- Al-Khatib, I. A., Eleyan, D., & Garfield, J. (2016). A system dynamics approach for hospital waste management in a city in a developing country: the case of Nablus, Palestine. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(9).
- Alaba, F. A., Othman, M., Hashem, I. A. T., & Alotaibi, F. (2017). Internet of Things security: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 10–28.
- Ali, A., Xiaoling, G., Ali, A., Sherwani, M., & Muneeb, F. M. (2019). Customer motivations for sustainable consumption: Investigating the drivers of purchase behavior for a green-luxury car. *Business Strategy and the Environment*, 833–846.
- Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 80–91.
- Alves, D., Ferreira, L. P., Pereira, T., Sá, J. C., Silva, F. J. G., & Fernandes, N. O. (2020). Analysis and Improvement of the Packaging Sector of an Industrial Company. *Procedia Manufacturing*, 51, 1327-1331.
- Almohri, H., Chinnam, R. B., & Colosimo, M. (2019). Data-driven analytics for benchmarking and optimizing the performance of automotive dealerships. *International Journal of Production Economics*, 69–80.
- Amorim-Lopes, M., Guimarães, L., Alves, J., & Almada-Lobo, B. (2021). Improving picking performance at a large retailer warehouse by combining probabilistic

- simulation, optimization, and discrete-event simulation. *International Transactions in Operational Research*, 687–715.
- Amron, A. (2018). The Influence of Brand Image, Brand Trust, Product Quality, and Price on the Consumer's Buying Decision of MPV Cars. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(13), 228.
- Andrea, I., Chrysostomou, C., & Hadjichristofi, G. (2016). Internet of Things: Security vulnerabilities and challenges. *Proceedings - IEEE Symposium on Computers and Communications*, 180–187.
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120-1127.
- Araújo, W. F. S., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., & Matos, J. A. (2017). Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1539–1545.
- Arcidiacono, F., Ancarani, A., Di Mauro, C., & Schupp, F. (2019). Where the Rubber Meets the Road. Industry 4.0 among SMEs in the Automotive Sector. *IEEE Engineering Management Review*, 86–93.
- Audi. (2016). *Audi smart factory*. <https://www.audi-mediacent.com>. (Acedido em dez. 28,2020).
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229-230.
- Banks, J. (1998). *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice*. John Wiley & Sons.
- Bassi, L. (2017). IEEE RTSI 2017 : Research and Technologies for Society and Industry, 3rd International Forum : 2017 conference proceedings : September 11-13 2017 - Modena, Italy.
- Becker, T., & Stern, H. (2016). Future Trends in Human Work area Design for Cyber-Physical Production Systems. *Procedia CIRP*, 57, 404–409.
- Benedettini, O., & Tjahjono, B. (2009). Towards an improved tool to facilitate simulation modelling of complex manufacturing systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(1–2), 191–199.
- Braun, A., Styliadis, K., & Söderberg, R. (2020). Cognitive Quality: An Unexplored Perceived Quality Dimension in the Automotive Industry. *Procedia CIRP*, 91(i), 869–874.
- Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., & Sacconi, N. (2018). Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3).
- Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150–153.

- Butt, J. (2020). Exploring the interrelationship between additive manufacturing and industry 4.0. *Designs*, 4(2), 1–33.
- Bysko, S., Krystek, J., & Bysko, S. (2020). Automotive Paint Shop 4.0. *Computers and Industrial Engineering*, 1–13.
- Cachada, A., Barbosa, J., Leitão, P., Geraldes, C. A. S., Deusdado, L., Costa, J., Teixeira, C., Teixeira, J., Moreira, A. H. J., Moreira, P. M., & Romero, L. (2018). Maintenance 4.0: Intelligent and Predictive Maintenance System Architecture. *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA*, 139–146.
- Casadei, R., Fortino, G., Pianini, D., Russo, W., Savaglio, C., & Viroli, M. (2019). Modelling and simulation of Opportunistic IoT Services with Aggregate Computing. *Future Generation Computer Systems*, 91, 252–262.
- Charnley, S., Carothers, C., Satterfield, T., Levine, A., Poe, M. R., Norman, K., Donatuto, J., Breslow, S. J., Mascia, M. B., Levin, P. S., Basurto, X., Hicks, C. C., García-Quijano, C., & St. Martin, K. (2017). Evaluating the best available social science for natural resource management decision-making. *Environmental Science and Policy*, 80–88.
- Cheah, S., & Wang, S. (2017). Big data-driven business model innovation by traditional industries in the Chinese economy. *Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies*, 10(3), 229–251.
- Conti, M., Dehghantanha, A., Franke, K., & Watson, S. (2018). Internet of Things security and forensics: Challenges and opportunities. *Future Generation Computer Systems*, 78, 544–546.
- Côrte-Real, N., Oliveira, T., & Ruivo, P. (2017). Assessing business value of Big Data Analytics in European firms. *Journal of Business Research*, 70, 379–390.
- Crowe, et al. (2011). Methods. *Business Communication Quarterly*.
- Cvetkovic, D. (2019). *Modeling and Computer Simulation*. IntechOpen.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 383–394.
- Daminabo, S. C., Goel, S., Grammatikos, S. A., Nezhad, H. Y., & Thakur, V. K. (2020). Fused deposition modeling-based additive manufacturing (3D printing): techniques for polymer material systems. *Materials Today Chemistry*, 16, 100248.
- De Pace, F., Manuri, F., & Sanna, A. (2018). Augmented Reality in Industry 4.0. *American Journal of Computer Science and Information Technology*, 06(01), 1–7.
- De Souza Cardoso, L. F., Mariano, F. C. M. Q., & Zorzal, E. R. (2020). A survey of industrial augmented reality. *Computers and Industrial Engineering*, 106159.
- Deloitte. (2020). *Brand marketing effectiveness - Study Maximizing the value of brand marketing*. [www2.deloitte.com](http://www2.deloitte.com). (Acedido em mai. 18,2021).
- Dhanabalan, T., Subha, K., Shanthi, R., & Sathish, A. (2018). Factors influencing consumers' car purchasing decision in indian automobile industry. *International*

- Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 53–63.
- Dieguez, T., Corcetti, L., Silva, F. J., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2020). How can technology on the automotive industry save the future?. *Procedia Manufacturing*, 51, 1763-1772.
- Dilberoglu, U. M., Gharehpapagh, B., Yaman, U., & Dolen, M. (2017). The Role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 545–554.
- Duroc, Y., & Tedjini, S. (2018). La RFID : une technologie clé au service de l’humanité. *Comptes Rendus Physique*, 19(1–2), 64–71.
- El Zaatari, S., Marei, M., Li, W., & Usman, Z. (2019). Cobot programming for collaborative industrial tasks: An overview. *Robotics and Autonomous Systems*, 116, 162–180.
- Erboz, G. (2017). How to Define Industry 40: The Main Pillars of Industry 4.0. *Managerial Trends in the Development of Enterprises in Globalization Era*, 761–767.
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. *Procedia CIRP*, 13–18.
- Fernandes, A., Brandao, M. M., Lopes, E. L., & Quevedo-Silva, F. (2020). Satisfaction and attitudinal responses: indirect effects of involvement and reputation. *RAUSP Management Journal*, 70–85.
- Ferreira, L., E. Ares, G., G.C. Pelaez, L., & Salgado, M. (2010). Analysis of the Influence of Conveyor Speed on the Behaviour of an Automobile Assembly Line. *DAAAM International Scientific Book 2010*, 463-470.
- Ferreira, L. L., Albano, M., Silva, J., Martinho, D., Marreiros, G., Di Orio, G., Malo, P., & Ferreira, H. (2017). A pilot for proactive maintenance in industry 4.0. *IEEE International Workshop on Factory Communication Systems - Proceedings, WFCS*.
- Ferreira, L. P., Ares, E., Peláez, G., Resano, A., Luis-Pérez, C. J., & Tjahjono, B. (2012b). Simulation of a closed-loops assembly line. In *Key Engineering Materials* (Vol. 502, pp. 127-132). Trans Tech Publications Ltd.
- Ferreira, Luis Pinto, Gómez, E. A., Lourido, G. C. P., Quintas, J. D., & Tjahjono, B. (2012a). Analysis and optimisation of a network of closed-loop automobile assembly line using simulation. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(1–4), 351–366.
- Ferreira, Luís Pinto, Gómez, E. A., Lourido, G. P., & Tjahjono, B. (2011). Optimization of a multiphase multiproduct production line based on virtual cells. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, WCE 2011*, 616–621.
- Ferreira, Luís Pinto, Pereira, G., & Machado, R. (2005). Geração Automática de Modelos de Simulação de uma Linha de Montagem de Auto-Rádios. *Investigação Operacional*, 25(1), 37–62.
- Folkvord, F., Veltri, G. A., Lupiáñez-Villanueva, F., Tornese, P., Codagnone, C., & Gaskell, G. (2020). The effects of ecolabels on environmentally- and health-

- friendly cars: an online survey and two experimental studies. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(5), 883–899.
- Fonseca, L. M. (2018). Industry 4.0 and the digital society: concepts, dimensions and envisioned benefits. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 12(1), 386–397.
- Forbes. (2018). *Portugal, le nouvelle destination pour investir*. www.forbes.fr. (Acedido em dez. 30,2020).
- Forbes. (2020). *The world most valuable brands*. www.forbes.com. (Acedido em dez. 30,2020).
- Foroudi, P., Jin, Z., Gupta, S., Foroudi, M. M., & Kitchen, P. J. (2018). Perceptual components of brand equity: Configuring the Symmetrical and Asymmetrical Paths to brand loyalty and brand purchase intention. *Journal of Business Research*, 462–474.
- Fragoso, A. (2004). El estudio de casos en la investigación de educación de personas adultas. In *In Investigación y práctica en la educación de personas adultas*. Nau Llibres. 41–60.
- Frank, A. G., Mendes, G. H. S., Ayala, N. F., & Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 341–351.
- Gaiardelli, P., Pezzotta, G., Rondini, A., Romero, D., Jarrahi, F., Bertoni, M., Wiesner, S., Wuest, T., Larsson, T., Zaki, M., Jussen, P., Boucher, X., Bigdeli, A. Z., & Cavalieri, S. (2021). Product-service systems evolution in the era of Industry 4.0. In *Service Business* (Vol. 15, Issue 1). Springer Berlin Heidelberg.
- Gao, P., Kaas, H.-W., Mohr, D., & Wee, D. (2016). Disruptive trends that will transform the auto industry. www.mckinsey.com. (Acedido em jan. 2,2021).
- Gao, P., Russell, H., & Zielke, A. (2014). A road map to the future for the auto industry. www.mckinsey.com. (Acedido em jan. 2,2021).
- Gao, R. X., Wang, L., Helu, M., & Teti, R. (2020). Big data analytics for smart factories of the future. *CIRP Annals*, 69(2), 668–692.
- Gattullo, M., Scurati, G. W., Fiorentino, M., Uva, A. E., Ferrise, F., & Bordegoni, M. (2019). Towards augmented reality manuals for industry 4.0: A methodology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 276–286.
- Ghasemaghaei, M., & Calic, G. (2020). Assessing the impact of big data on firm innovation performance: Big data is not always better data. *Journal of Business Research*, 147–162.
- Global Peace Index. (2020). *Most peaceful countries in the world 2020*. The Economist Magazine Report.
- Grzybowska, K., & Łupicka, A. (2017). Key competencies for Industry 4.0. *Economics and Management Innovations (ICEMI)*, 250–253.
- Haleem, A., & Javaid, M. (2019). Additive Manufacturing Applications in Industry 4.0: A

- Review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 04(04), 1930001.
- Hallerbach, S., Xia, Y., Eberle, U., & Koester, F. (2018). Simulation-based Identification of Critical Scenarios for Cooperative and Automated Vehicles. *SAE Technical Papers*, 1–12.
- Helper, S., Martins, R., & Seamans, R. (2019). Who Profits from Industry 4.0? Theory and Evidence from the Automotive Industry. *SSRN Electronic Journal*.
- Heng, S. (2014). Industry 4.0 - Upgrading of Germany's industrial capabilities on the Horizon. *Deutsche Bank*, 16.
- Hsieh, Y. H., & Chou, Y. H. (2018). Modeling the impact of service innovation for small and medium enterprises: A system dynamics approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 82, 84–102.
- Huang, Z., Kim, J., Sadri, A., Dowey, S., & Dargusch, M. S. (2019). Industry 4.0: Development of a multi-agent system for dynamic value stream mapping in SMEs. *Journal of Manufacturing Systems*, 1–12.
- INE. (2020a). *Sociedade da informação e do conhecimento: Inquérito à utilização de tecnologias da informação e da comunicação pelas famílias: 2014* (Vol. 2020). <https://www.ine.pt>. (Acedido a dez. 29,2020).
- INE. (2020b). *Índice de produção industrial - ajustado de efeitos de calendário e de sazonalidade (Base - 2015) por Atividade económica (CAE Rev. 3); Mensal*.
- Jain, S., Shao, G., & Shin, S. J. (2017). Manufacturing data analytics using a virtual factory representation. *International Journal of Production Research*, 55(18), 5450–5464.
- Jordão, M. (2019). *Indústria Automóvel - Notas informativas e estatísticas setoriais*. [www.portugal.gov.pt](http://www.portugal.gov.pt). (Acedido a dez. 31,2020).
- Juhász, J., & Bányai, T. (2018). What industry 4.0 means for just-in-sequence supply in automotive industry?. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 226–240.
- Kagermann, H. (2015). Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0. *Management of Permanent Change*, 1–240.
- Kiangala, K. S., & Wang, Z. (2018). Initiating predictive maintenance for a conveyor motor in a bottling plant using industry 4.0 concepts. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 3251–3271.
- Kierzkowski, A., & Kisiel, T. (2017). Simulation model of security control system functioning: A case study of the Wrocław Airport terminal. *Journal of Air Transport Management*, 173–185.
- Klemmt, A., Horn, S., Weigert, G., & Wolter, K. J. (2009). Simulation-based optimization vs. mathematical programming: A hybrid approach for optimizing scheduling problems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 917–925.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 18–23.
- Lemu, H. G. (2019). On opportunities and limitations of additive manufacturing technology for industry 4.0 era. In *Lecture Notes in Electrical Engineering* (Vol.

- 484). Springer Singapore.
- Lennon Olsen, T., & Tomlin, B. (2019). Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management. *SSRN Electronic Journal*.
- Lévay, P. Z., Drossinos, Y., & Thiel, C. (2017). The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. *Energy Policy*, 524–533.
- Liagkou, V., Salmas, D., & Stylios, C. (2019). Realizing Virtual Reality Learning Environment for Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 712–717.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 3609–3629.
- Lin, D., Lee, C. K. M., Lau, H., & Yang, Y. (2017). Industrial Management & Data Systems Strategic response to Industry 4.0: an empirical investigation on The Chinese automotive industry Article information. *Industrial Management & Data Systems*, 1–18.
- Liu, Y., Soroka, A., Han, L., Jian, J., & Tang, M. (2020). Cloud-based big data analytics for customer insight-driven design innovation in SMEs. *International Journal of Information Management*.
- Lu, Y., & Ju, F. (2017). Smart Manufacturing Systems based on Cyber-physical Manufacturing Services (CPMS). *IFAC-PapersOnLine*, 15883–15889.
- Machado, C. G., Winroth, M. P., & Ribeiro da Silva, E. H. D. (2020). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda. *International Journal of Production Research*, 1462–1484.
- Marques, A. M. A., & Pereira, J. P. N. (2018). Determinantes da intenção de compra de marcas de automóveis de passageiros. *BrandTrends Journal, Outubro*, 76–90.
- Matheson, E., Minto, R., Zampieri, E. G. G., Faccio, M., & Rosati, G. (2019). Human-robot collaboration in manufacturing applications: A review. *Robotics*, 1–25.
- McKinsey Global Institute. (2019). Twenty-Five Years of Digitization - Ten Insights into how to Play it Right. [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com). (Acedido em jan. 3, 2021).
- Mehra, A., Kumar, S., & Raju, J. S. (2018). Competitive strategies for brick-and-mortar stores to counter “showrooming.” *Management Science*, 3076–3090.
- Meirinhos, M. & O. A. (2010). Educação O estudo de caso como estratégia de investigação em educação The case study as research strategy in education. *Revista de Educação*, 49–65.
- Mendes, C. R., Siemon, F. B., & Campos, M. M. de. (2017). Estudos de Caso da Indústria 4.0 Aplicados em uma Empresa Automobilística. *Posgere*, 15–25.
- Messalti, S., Harrag, A., & Loukriz, A. (2017). A new variable step size neural networks MPPT controller: Review, simulation and hardware implementation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 221–233.
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2020). Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques.

- International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 70 No. 7, 1930-1951.
- Mourtzis, D., Vlachou, E., Zogopoulos, V., & Fotini, X. (2017). Integrated Production and Maintenance Scheduling Through Machine Monitoring and Augmented Reality: An Industry 4.0 Approach. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 354–362.
- Naderi, M., Ares, E., Peláez, G., Prieto, D., Fernández, A., & Ferreira, L. P. (2017). The sustainable evaluation of manufacturing systems based on simulation using an economic index function: A case study. *Procedia Manufacturing*, 13, 1043-1050.
- Nadzri, W. N. M., Musa, R., Muda, M., & Hassan, F. (2016). The Antecedents of Brand Experience within the National Automotive Industry. *Procedia Economics and Finance*, 317–323.
- Nallusamy, S., & Adil Ahamed, M. A. (2017). Implementation of lean tools in an automotive industry for productivity enhancement - A case study. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 175–185.
- Njie, B., & Asimiran, S. (2014). Case Study as a Choice in Qualitative Methodology. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSRJRME)*, 35–40.
- O. Akaeze, D. C., & Shaibu Akaeze, D. N. A. (2017). Exploring Factors That Influence Consumer Loyalty to Automobile Dealerships in New York. *Journal of Business Theory and Practice*, 90–98.
- Ohlhorst, F. J. (2012). *Big data analytics: turning big data into big money (Vol. 65)*. John Wiley & Sons. Wiley; 1st edition (November 28, 2012).
- Onu, P., & Mbohwa, C. (2021). Industry 4.0 opportunities in manufacturing SMEs: Sustainability outlook. *Materials Today: Proceedings*.
- Ozdemir, S., Zhang, S. J., Gupta, S., & Bebek, G. (2020). The effects of trust and peer influence on corporate brand—Consumer relationships and consumer loyalty. *Journal of Business Research*, 791–805.
- Paelke, V. (2014). Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0. environment. *19th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2014*.
- Pakusch, C., Stevens, G., Boden, A., & Bossauer, P. (2018). Unintended effects of autonomous driving: A study on mobility preferences in the future. *Sustainability (Switzerland)*, 1–22.
- Paulo Lima, J., Roberto, R., Simões, F., Almeida, M., Figueiredo, L., Marcelo Teixeira, J., & Teichrieb, V. (2017). Markerless tracking system for augmented reality in the automotive industry. *Expert Systems with Applications*, 100–114.
- Paulo Santos, Luis Pinto Ferreira, Teresa Dieguez, B. T. (2019). Supporting Strategic Management Decisions at a Casino using System Dynamics. *Modeling and Simulating Business Dynamics. Selected Papers on System Dynamics Collection*, 156–170.
- Pečený, L., Meško, P., Kampf, R., & Gašparík, J. (2020). Optimisation in Transport and

- Logistic Processes. *Transportation Research Procedia*, 15–22.
- Peng, H., Liu, C., Zhao, D., & Han, J. (2019). Reliability analysis of CPS systems under different edge repairing strategies. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 532.
- Pereira, M. T., Silva, A., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2019). A DMS to support industrial process decision-making: A contribution under Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 613–620.
- Pichler, M., Krenmayr, N., Schneider, E., & Brand, U. (2021). EU industrial policy: Between modernization and transformation of the automotive industry. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 140–152.
- Pieskä, S., Kaarela, J., & Mäkelä, J. (2018). Simulation and programming experiences of collaborative robots for small-scale manufacturing. *2018 2nd International Symposium on Small-Scale Intelligent Manufacturing Systems, SIMS 2018*, 1–4.
- PORDATA. (2020). *Veículos matriculados: Total e por tipo*. [www.pordata.pt](http://www.pordata.pt). (Acedido em jan. 3, 2021).
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.
- Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., De Amicis, R., Pinto, E. B., Eisert, P., Döllner, J., & Vallarino, I. (2015). Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 26–40.
- Preston White, K., & Ingalls, R. G. (2019). The basics of simulation. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 147–161.
- Radzicki, M. J. (2019). System Dynamics and Its Contribution to Economics and Economic Modeling. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, 1–15.
- Rault, R., & Trentesaux, D. (2018). Artificial Intelligence, Autonomous Systems and Robotics: Legal Innovations. *Studies in Computational Intelligence*, 1–9.
- Rebs, T., Brandenburg, M., & Seuring, S. (2019). System dynamics modeling for sustainable supply chain management: A literature review and systems thinking approach. *Journal of Cleaner Production*, 1265–1280.
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035-1042.
- Ruiz-Sarmiento, J. R., Monroy, J., Moreno, F. A., Galindo, C., Bonelo, J. M., & Gonzalez-Jimenez, J. (2020). A predictive model for the maintenance of industrial machinery in the context of industry 4.0. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*.
- Sá, J., Ferreira, L. P., Dieguez, T., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2022). Industry 4.0 in the Wine Sector—Development of a Decision Support System Based on Simulation Models. In *International Conference Innovation in Engineering* (pp. 371-384). Springer, Cham.

- Sá J., Ferreira L.P., Dieguez T., Sá J.C., Silva F.J.G. (2021) Role of the Industry 4.0 in the Wine Production and Enotourism Sectors. In: de Carvalho J.V., Rocha Á., Liberato P., Peña A. (eds) *Advances in Tourism, Technology and Systems. ICOTTS 2020. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 208. Springer, Singapore.
- Saeed, F., & Grunert, K. G. (2014). Expected and experienced quality as predictors of intention to purchase four new processed beef products. *British Food Journal*, 451–471.
- Salah, B., Abidi, M. H., Mian, S. H., Krid, M., Alkhalefah, H., & Abdo, A. (2019). Virtual reality-based engineering education to enhance manufacturing sustainability in industry 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 1–19.
- Saleem, M. A., Eagle, L., & Low, D. (2018). Climate change behaviors related to purchase and use of personal cars: Development and validation of eco-socially conscious consumer behavior scale. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 68–85.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). 5. Formulating the research design. In *Research methods for business students* (Vol. 30, Issue 1, pp. 145–147). Pearson Education Limited.
- Sayyadi, R., & Awasthi, A. (2020). An integrated approach based on system dynamics and ANP for evaluating sustainable transportation policies. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*, 182–191.
- Schulze, A., MacDuffie, J. P., & Täube, F. A. (2015). Introduction: Knowledge generation and innovation diffusion in the global automotive industry-change and stability during turbulent times. *Industrial and Corporate Change*, 603–611.
- Sedlmair, Michael, Meyer, Miriah, & Munzner, T. (2012). Design Study Methodology: Reflections from the Trenches and the Stacks. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 38–40.
- Segura-Velandia, D., Neal, A., Goodall, P., Conway, P., & West, A. (2016). Industrie 4.0 implementations in the automotive industry. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 319–324.
- Silva, V., Ferreira, L. P., Silva, F. J., Tjahjono, B., & Ávila, P. (2021). Simulation-Based Decision Support System to Improve Material Flow of a Textile Company. *Sustainability*, 13(5), 2947.
- Singh, S., Ramakrishna, S., & Singh, R. (2017). Material issues in additive manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, 185–200.
- Sivam, A., Dieguez, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. (2019). Key settings for successful open innovation arena. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(4), 507-515.
- Stadnicka, D., & Litwin, P. (2017). Value Stream and System Dynamics Analysis - An Automotive Case Study. *Procedia CIRP*, 363–368.
- Stankevich, A. (2017). Explaining the Consumer Decision-Making Process: Critical Literature Review. *Journal of International Business Research and Marketing*, 7–

- 14.
- Straka, M., Lenort, R., Khouri, S., & Feliks, J. (2018). Design of large-scale logistics systems using computer simulation hierarchic structure. *International Journal of Simulation Modelling*, 105–118.
- Sun, C. C., Hahn, A., & Liu, C. C. (2018). Cyber security of a power grid: State-of-the-art. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 99(January), 45–56.
- Sun, X., Peng, T., & Mumm, R. H. (2011). The role and basics of computer simulation in support of critical decisions in plant breeding. *Molecular Breeding*, 421–436.
- Supsomboon, S., & Varodhomwathana, T. (2017). Robot and plant simulation for automotive part production process design: A case study. *International Journal of Simulation Modelling*, 617–629.
- Torres, J. P., Kunc, M., & O'Brien, F. (2017). Supporting strategy using system dynamics. *European Journal of Operational Research*, 1081–1094.
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 233–238.
- Vogel-Heuser, B., & Hess, D. (2016). Guest Editorial Industry 4.0-Prerequisites and Visions. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 411–413.
- Vonglao, P. (2017). Application of fuzzy logic to improve the Likert scale to measure latent variables. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 337–344.
- Wan, J., Yang, J., Wang, Z., & Hua, Q. (2018). Artificial intelligence for cloud-assisted smart factory. *IEEE Access*, 6(c), 55419–55430.
- Wang, C., Zhou, G., & Zhu, Z. (2020). Service perspective based production control system for smart job shop under industry 4.0. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 1-10.
- Wang, S., & Wang, H. (2020). Big data for small and medium-sized enterprises (SME): a knowledge management model. *Journal of Knowledge Management*, 881–897.
- WEC. (2019). *How much data is generated each day?* <https://www.weforum.org>
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 2941–2962.
- Yan, Z., Zhang, P., & Vasilakos, A. V. (2014). A survey on trust management for Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*, 120–134.
- Yin, R. (2013). *Case Study Research: Design and Methods* (5th ed.). SAGE Publications, Inc.
- Zhang, L., Zhou, L., Ren, L., & Laili, Y. (2019). Modeling and simulation in intelligent manufacturing. *Computers in Industry*.



## 6. APÊNDICES

**APÊNDICE A - Quantidade de veículos exportados no ano de 2019 e no ano de 2020, por Portugal, tabela detalhada.  
(Adaptado de ACAP, 2020)**

**APÊNDICE B - Modelo de inquérito para registo de dados da condução das entrevistas**



## 6. APÊNDICES

## APÊNDICE A - Quantidade de veículos exportados no ano de 2019 e no ano de 2020, por Portugal, tabela detalhada. (Adaptado de ACAP, 2020).

Tabela 14 - Quantidade de veículos exportados no ano de 2019 e no ano de 2020, por Portugal, tabela detalhada. (Adaptado de ACAP, 2020)

Marcas	Ligeiros de Passageiros				Veículos Comerciais Ligeiros				Veículos Pesados				Total			
	2020	Total (%)	2019	20/19 (%)	2020	Total (%)	2019	20/19 (%)	2020	Total (%)	2019	20/19 (%)	2020	Total (%)	2019	20/19 (%)
<b>Volkswagen</b>	176 317	83.9	232 549	-24.2	--	--	--	--	--	--	--	--	176 317	68.1	232 549	-24.2
<b>Citroen</b>	10 628	5.1	14 756	-28.0	20 386	44.4	22 756	-10.4	--	--	--	--	31 014	12	37 512	-17.3
<b>Seat</b>	14 544	6.9	22 805	-36.2	--	--	--	--	--	--	--	--	14 544	5.6	22 805	-36.2
<b>Peugeot</b>	7 375	3.5	9 879	-25.3	19 510	42.5	22 082	-11.6	--	--	--	--	26 885	10.4	31 961	-15.9
<b>Opel</b>	1 228	0.6	517	137.5	1 884	4.1	784	140.3	--	--	--	--	3 112	1.2	1 301	139.2
<b>Fuso</b>	--	--	--	--	2 668	5.8	2 881	-7.4	2 686	98.3	4 912	-45.3	5 354	2.1	7 793	-31.3
<b>Toyota</b>	--	--	--	--		3.2	2 393	-38.8	0	0.0	0	--	1 465	0.6	2 393	-38.8
<b>Caetano</b>	--	--	--	--	--	--	--	--	47	1.7	0	--	47	0.0	0	--
<b>Total</b>	210 092	100	280 506	-25.1	45 913	100	50 896	-9.8	2 733	100	4 912	-44.4	258 738	100	336 314	-23.1

## APÊNDICE B - Modelo de inquérito para registo de dados da condução das entrevistas.



Nome da empresa (opcional):	
Nome do entrevistado (opcional):	
Cargo do entrevistado:	

Fatores que afetam as vendas por parte dos concessionários (entre 4 a 7 fatores):	
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	

Mensuração dos fatores (escala de Likert):					
Num	1	2	3	4	5
	Menos importante				Muito importante
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					

Ordenamento dos fatores por ordem decrescente (em caso de igualdade, posicionamento indiferente):						
Num:						
Nome:						

*Observações sobre a condução da entrevista (opcional):*

--

Data do inquérito (aaaa/mm/dd):	2021 / /
---------------------------------	----------

