



Indústria 4.0 No Setor Vinícola - Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão Baseado em Modelos de Simulação

JÉSSICA BARBOSA E SÁ

Setembro de 2020

INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR VINÍCOLA – DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO BASEADO EM MODELOS DE SIMULAÇÃO

Jéssica Barbosa e Sá

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR VINÍCOLA – DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO BASEADO EM MODELOS DE SIMULAÇÃO

Jéssica Barbosa e Sá

Estudante n.º 1180159

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

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Findo, não só este trabalho, mas também o Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, é importante refletir e agradecer a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para que este percurso pudesse ser concluído.

Ao Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, do Instituto Superior de Engenharia do Porto pela sua disponibilidade, tranquilidade e constante incentivo para fazer mais e melhor ao longo deste ano.

Aos Professores Teresa Dieguez, José Carlos Sá e Francisco Silva que, conjuntamente com o Prof. Doutor Luís Ferreira colaboraram na escrita do artigo científico – *The Importance of Industry 4.0 in the Wine Production Sector and in Enotourism* que será apresentado na *International Conference on Tourism Technology and Systems 2020* e publicado como um capítulo de um livro da Springer.

Ao Professor Doutor Juan Martin Garcia da Universidade Politécnica da Catalunha Barcelona, Espanha pela sua pronta disponibilidade para esclarecer questões técnicas relacionadas com o software utilizado.

A todos os especialistas da área e empresas que se mostraram disponíveis para colaborar nesta investigação.

Aos meus pais, pelo apoio e incentivo ao longo de todo o meu percurso académico. Uma palavra especial à minha irmã, Sara, por toda a motivação que me deu e por todas as horas que perdeu a pensar alto comigo para que todo este trabalho pudesse ser construído.

Ao João, por ser o primeiro a acreditar e por nunca lhe falharem as palavras de carinho e consolo em todos os momentos.

página propositadamente em branco

RESUMO

Em Portugal a tradição de produção e consumo de vinho está muito presente, sendo um país com características climáticas e territoriais que fazem do setor vinícola um importante setor estratégico.

Dada a importância do setor do vinícola no contexto nacional e o potencial que a Indústria 4.0 tem no sentido de estimular, não só ganhos de eficiência, mas também de competitividade, um dos objetivos desta dissertação é o de perceber de que forma a Indústria 4.0 e os seus pilares de atuação, nomeadamente a simulação, podem ser um aliado na gestão mais eficiente das empresas que operam no setor vinícola. Neste seguimento, foi construída uma ferramenta de apoio à decisão, baseada na dinâmica de sistemas, que reúne os principais fatores que influenciam o preço do vinho e que tem como principal função auxiliar os gestores a definir as estratégias que melhor se enquadram na missão da empresa. Não obstante o modelo não ter como propósito a previsão de resultados futuros, este serve de apoio na tomada de decisão, uma vez que permite a comparação de vários cenários.

Para construir a ferramenta foram realizadas várias entrevistas a vários especialistas do setor, para que se conseguisse reunir os fatores que mais influenciam o preço do vinho, quer de acordo com a literatura, quer de acordo com estes especialistas.

Pretende-se, assim, que a utilização da simulação no contexto do ambiente do *software* Vensim ofereça a possibilidade ao utilizador de testar, analisar e validar o impacto das estratégias de controlo dos fatores e parâmetros que influenciam o preço do vinho e, conseqüentemente, os lucros auferidos pelas empresas.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0, Agricultura 4.0, Setor vinícola, Dinâmica de sistemas, Vensim

página propositadamente em branco

ABSTRACT

The tradition of wine production and consumption in Portugal is widely spread since the country have climatic and territorial characteristics which have made the wine-making an important strategic sector.

Given the importance of the wine production sector in the national context, as well as the potential of Industry 4.0 to stimulate improvements, both in efficiency and competitiveness, the objective of this work is to achieve a better understanding of how Industry 4.0 and its key features, namely simulation, can influence and be and ally in a more efficient management of wine sector companies. In this context, a decision support tool was built, based on systems dynamics, which gathers the main factors that influence the price of wine, and whose main function is to help managers to define the strategies that best fit the company's mission. Although the model does not have the purpose of forecasting future results, it serves as a support in decision making, since it allows the comparison of several scenarios.

In order to build the tool, several interviews were conducted with various specialists in the sector, so that it was possible to gather the factors that most influence the wine price, either according to the literature or to these specialists.

It is intended, therefore, that the use of simulation in the context of the Vensim software offers to the user the possibility of testing, analyzing and validating the impact of strategies to control the factors and parameters that influence the wine price and, consequently, the profits earned by wine companies.

KEYWORDS: Industry 4.0, Agriculture 4.0, Wine Sector, Vensim, System Dynamics

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
LISTAS DE SIGLAS E UNIDADES	XIII
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Enquadramento e pertinência	15
1.2. Questão e objetivos de investigação.....	16
1.3. Opções metodológicas	16
1.4. Estrutura do trabalho	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1. O setor vinícola em Portugal	19
2.1.1. Enquadramento histórico	19
2.2. Importância económica do setor	19
2.3. A Indústria 4.0	22
2.3.1. A origem do conceito	22
2.3.2. Conceito de Indústria 4.0.....	23
2.3.3. Princípios da Indústria 4.0.....	24
2.3.4. Impactos da Indústria 4.0.....	26
2.4. Agricultura 4.0.....	28
2.5. A simulação na Indústria 4.0 enquanto ferramenta de apoio à decisão	30
2.5.1. Dinâmica de Sistemas	31
2.5.2. Modelos de simulação como ferramenta de apoio à decisão – Casos práticos	31
3. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DESENVOLVIDO	35
3.1. Introdução Geral	35
3.2. Métodos e materiais utilizados	35
3.3. Apresentação do modelo	37
3.3.1. Identificação dos principais problemas do setor vinícola	37
3.3.2. Identificação dos parâmetros que influenciam a produção, qualidade e preço do vinho em Portugal	37
3.3.3. Resultado das entrevistas	39
3.3.4. Modelo Conceptual.....	41
3.3.5. Breve explicação das variáveis do modelo.....	43
3.3.6. Diagrama <i>Stock-Flow</i>	48
3.4. Outputs do sistema de apoio à decisão	52
3.5. Considerações Finais	58
4. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....	61
4.1. Trabalho realizado.....	61
4.2. Contributos técnicos e científicos	61

4.3. Dificuldades encontradas	62
4.4. Limitações do modelo e trabalho futuro.....	62
APÊNDICE A – ARTIGO <i>ROLE OF THE INDUSTRY 4.0 IN THE WINE PRODUCTION AND ENOTOURISM SECTORS</i>	71

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Valor de vendas das Indústrias das Bebidas, em 2017. Fonte: INE, 2019.....	20
Figura 2 - Estrutura por segmentos da atividade económica da Indústria das Bebidas. Fonte: Banco de Portugal, 2017.....	21
Figura 3 - As Quatro Revoluções Industriais (Deloitte, 2016).....	23
Figura 4 - Os 9 pilares da Indústria 4.0. Fonte: Vaidya et al., 2018.....	24
Figura 5 - Fluxograma com a metodologia do trabalho.....	36
Figura 6 - Fluxograma para construção do modelo baseado em dinâmica de sistemas.....	41
Figura 7 – Diagrama de Loop Casual.....	43
Figura 8 - Submodelo de produção e venda de vinho.....	49
Figura 9 - Submodelo representativo dos custos da produção de vinho.....	50
Figura 10 - Submodelo representativo da reputação e qualidade do vinho.....	51
Figura 11 - Diagrama de Stock-flow.....	52
Figura 12 - Exemplo de parametrização do modelo (Solo).....	53
Figura 13 - Parametrização do modelo.....	54
Figura 14 - Gráficos dinâmicos do modelo.....	55
Figura 15 - Gráficos disponibilizados pelo modelo.....	56
Figura 16 - Tabelas disponibilizadas pelo modelo.....	57
Figura 17 - Causes Tree das variáveis Wine Price e Total Costs.....	58
Figura 18 - Uses Tree das variáveis Wine Price e Total Costs.....	58

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos da aplicação de simulação no setor da agricultura. Fonte própria.....	32
Tabela 2 - Resultado das entrevistas. Fonte própria.....	40
Tabela 3 - Detalhe das variáveis do modelo. Fonte própria	44
Tabela 4 - Detalhe dos stocks do modelo. Fonte própria	48

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E UNIDADES

Lista de Siglas

ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
IoT	Internet das Coisas
IVV	Instituto da Vinha e do Vinho
DOP	Denominações de Origem Protegida
IG	Indicações Geográficas
VAB	Valor Acrescentado Bruto
INE	Instituto Nacional de Estatística
CPS	Cyber Physical Systems
IoS	Internet dos Serviços
IoE	<i>Internet of Everything</i>
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
PME	Pequenas e Médias Empresas
GPS	Sistema de Posicionamento Global

Lista de Unidades

l	Litros
Ha	Hectares

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo da dissertação de mestrado é inteiramente dedicado à introdução do tema em estudo. Deste modo, começa-se por enquadrar o tema proposto e abordar a pertinência do seu estudo, depois é apresentada a questão e os objetivos da investigação, seguidamente aborda-se qual a metodologia seguida ao longo da investigação e, por fim, dá-se indicação sobre qual a estrutura que o trabalho seguirá.

1.1. Enquadramento e pertinência

A história da Humanidade e a própria relação milenar que existe entre o vinho e o Homem confundem-se. De facto, a cultura da vinha e a produção vinícola estão tão intimamente ligadas às tradições de certos povos, tal é a sua influência no desenvolvimento económico, demográfico e cultural dos mesmos, que Amaral (1994) refere como Civilização da Vinha na sua obra.

Esta tradição de produção e consumo de vinho está muito presente no contexto nacional, de facto Portugal é um país com características climáticas e territoriais que o tornam um setor estratégico (Martins, 2018). Só em 2018, Portugal tinha cerca de 190.322 hectares de área de vinha plantada, que contribuíram para a produção de 6.1 milhões de hectolitros de vinho (Instituto da Vinha e do Vinho, 2018) e um consumo nacional de 5.5 milhões de hectolitros. As empresas portuguesas deste setor permitiram que Portugal ocupasse, em 2018, a nona posição no que diz respeito às exportações de vinhos mundiais, não só em volume (295 milhões de litros exportados em 2018), mas também em valor (800 milhões de euros exportados em 2018) (Dias, 2019).

A realidade mundial transformou a produção e comercialização de vinhos num setor altamente especializado e competitivo (Agro.Ges - Sociedade de Estudos e Projetos, 2012). Este é um ramo fulcral para a evolução da economia portuguesa e muito acarinhado pelos portugueses pela sua antiguidade e tradição, pelo que é importante que se continue a investir na indústria do vinho, procurando formas de incrementar a sua produtividade e competitividade.

A Indústria 4.0 é, tipicamente, entendida como a quarta revolução industrial, e acarreta um forte impacto em toda a indústria, por trazer a digitalização da economia e sociedade a vários níveis (Erol et al., 2016). Este fenómeno pode ser entendido como a fusão dos métodos de produção com os avanços tecnológicos nos sistemas de comunicação e informação mais recentes, sendo impulsionado pela tendência de digitalização verificada (Deloitte, 2016). Estes desenvolvimentos e avanços tecnológicos são suportados por sistemas ciber-físicos inteligentes e interligados que permitirão que máquinas, equipamentos, pessoas e produtos comuniquem e cooperem em prol do aumento da eficiência. Assim, de acordo com a consultora Deloitte (2016), através de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), *Big Data* e Inteligência Artificial algumas empresas têm conseguido aumentar a sua competitividade.

Segundo a empresa de consultadoria Deloitte (2016), Portugal pode encontrar na 4ª Revolução Industrial uma oportunidade para impulsionar a competitividade nacional, de facto um estudo levado a cabo pelo *World Economic Forum Competitie 2016* indica que o nosso país, assume-se como a 23ª economia mais preparada para receber a Indústria 4.0, num total de 45 países (onde a primeira posição é ocupada pela Suíça), realçando-se as infraestruturas, competências e capacidade de inovação patentes em Portugal (Deloitte, 2016). Não obstante estas classificações

remeterem para um grau de preparação satisfatório, a competitividade nacional atual não acompanha esta preparação, aliás, de acordo com o índice de *Manufacturing Global Competitiveness* de 2016 da Deloitte, a indústria portuguesa encontra-se apenas no 35º lugar de 40 economias analisadas (Giffi et al, 2016).

Por este motivo, e dado o potencial que Portugal apresenta para capitalizar os benefícios da 4ª Revolução Industrial, o Ministério da Economia decidiu levar a cabo uma iniciativa – Portugal i4.0 – para identificar as necessidades das empresas portuguesas e implementar medidas para acelerar a adoção das tecnologias e conceitos da Indústria 4.0, promover as empresas tecnológicas portuguesas a nível internacional e tornar Portugal um polo atrativo para o investimento no contexto da Indústria 4.0 (IAPMEI, 2020).

Dada a importância do setor do vinho no contexto nacional e o potencial que a Indústria 4.0 tem no sentido de estimular, não só ganhos de eficiência, mas também de competitividade, é importante perceber quais as pontes entre estes dois temas, percebendo de que forma a Indústria 4.0 e os seus pilares de atuação, nomeadamente a simulação, podem influenciar o setor vinícola, podendo esta investigação acarretar benefícios futuros para as empresas que operam neste ramo.

1.2. Questão e objetivos de investigação

Uma vez que Portugal é um país cujo potencial, em termos de Indústria 4.0, é notório e que, adicionalmente, reconhece ao setor vinícola, uma área de potencial crescimento não só nacional, mas internacional.

O principal objetivo da investigação é a construção de uma ferramenta de apoio à decisão, recorrendo à dinâmica de sistemas, que permita auxiliar os produtores e gestores vinícolas a definir estratégias de atuação e a dar resposta à variação dos vários fatores que influenciam o preço, a produção e a qualidade do vinho. Esta deverá ser uma ferramenta flexível, capaz de se adaptar à realidade e estratégia de cada empresa. Além disto, outro objetivo da dissertação é o de testar o modelo construído através da ajuda de especialistas da área, de forma a perceber se o mesmo é efetivamente útil no apoio à gestão.

1.3. Opções metodológicas

A presente dissertação seguirá uma estrutura exploratória, uma vez que se pretende compreender a natureza do fenómeno em causa, nomeadamente os fatores que explicam o preço do vinho, avaliando o seu estado sobre uma nova perspetiva (Saunders, Mark; Lewis, Philip; Thornhill, 2009).

Esta dissertação utiliza o método indutivo, para perceber quais são os impactos da Indústria 4.0 no setor vinícola. Este método caracteriza-se por partir do particular para o geral (Gil, 2008), ou seja a generalização deve ser constatada a partir da observação de casos concretos e que sejam suficientemente representativos dessa realidade, conforme defende Gil (2008). O método indutivo usa, habitualmente dados qualitativos na sua abordagem (Saunders, Mark; Lewis, Philip; Thornhill, 2009), de facto esta dissertação é um investigação qualitativa, uma vez que a questão de investigação de base deste trabalho aborda um problema emergente e requer a obtenção de dados recolhidos essencialmente em ambientes reais (Creswell, 2013).

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho, optou-se por seguir um plano de investigação baseado em estudos de caso. Segundo Robson (2002), citado por Saunders (2009), o estudo de caso define-se como uma estratégia para elaborar pesquisas que envolvem uma investigação empírica de um fenómeno específico dentro do seu contexto em vida real, usando várias fontes de evidência. O estudo de caso pode ser também entendido como uma forma de analisar, descrever e compreender determinados casos particulares e compará-los com outros casos, de forma a conseguir formular generalizações (Morgado, 2012).

A metodologia baseada em estudo de casos é particularmente útil quando se pretende responder às questões “Porquê?”, “O quê?” e “Como?”, este é um dos motivos pelo qual esta metodologia é mais utilizada em estudos exploratórios e explanatórios (Saunders, Mark; Lewis, Philip; Thornhill, 2009). Nesta metodologia, as técnicas de recolha de dados são diversas e muitas vezes usadas em simultâneo – triangulação – elas incluem, por exemplo, entrevistas, observação, análise documental e questionários, tratando assim dados qualitativos. Assim, neste trabalho, numa primeira fase, será elaborada uma análise documental para identificar quais as empresas do setor vinícola mais representativas, e, posteriormente, recolhidos dados através de entrevistas e observação nos estudos de caso selecionados.

Em termos de estratégia, Yin (2003) citado por Saunders (2009), distingue o uso de um único estudo de caso do uso de múltiplos estudos de caso. Nesta dissertação, serão analisados vários estudos de caso, de forma a podermos comparar as conclusões retiradas em cada caso. Efetivamente, vários estudos de caso podem ser preferíveis a um único estudo de caso, segundo o autor.

1.4. Estrutura do trabalho

Este trabalho encontra-se dividido em quatro capítulos principais. Neste seguimento, a primeira parte da dissertação dedica-se à introdução, onde é elaborado um enquadramento do tema estudado e onde são clarificados os objetivos e questões de investigação do trabalho, bem como as opções metodológicas selecionadas e a estrutura que a dissertação irá seguir.

No capítulo dois é feita a revisão da literatura, onde são abordados os conceitos considerados mais importantes para sustentar o trabalho desenvolvido nos capítulos seguintes, nomeadamente o enquadramento do setor vinícola em Portugal e a sua importância, o conceito, princípios e impactos da Indústria 4.0, a agricultura 4.0 e onde é também abordada a questão da simulação enquanto ferramenta de apoio à decisão.

O capítulo três deste estudo é, então, sobre sistemas de apoio à decisão desenvolvido para analisar a evolução do preço do vinho. Neste capítulo é efetuado um levantamento dos principais problemas que o setor vinícola enfrenta, são também identificados os principais parâmetros que influenciam a produção, qualidade e preço do vinho em Portugal. Posteriormente, é também nesta secção que se apresentam os resultados das entrevistas realizadas a vários especialistas da área sobre os fatores que influenciam o preço do vinho, sendo depois apresentado e explicado o modelo construído, baseado em dinâmica de sistemas.

Por último, no capítulo quatro são apresentadas as principais conclusões da dissertação, analisando todo o trabalho realizado nos capítulos anteriores, bem como os contributos técnicos e científicos do trabalho. São ainda identificadas as principais dificuldades encontradas e apresentadas as limitações do modelo e propostas de trabalho futuro.

No final, apresenta-se o apêndice deste trabalho, que se traduz na apresentação do artigo *Role of the Industry 4.0 in the wine production and enotourism sectors*, aceite para publicação e que será apresentado na *International Conference on Tourism, Technology & Systems Published*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo é dedicado à revisão do estado da arte, abordando assim os temas que servirão de base e suporte teórico ao desenvolvimento da ferramenta de apoio à decisão proposta. Neste seguimento, inicialmente, é feito um enquadramento histórico sobre o setor vinícola em Portugal e abordada a importância económica deste setor no seio da economia nacional. Abordam-se também, neste capítulo, conceitos relacionados com a indústria e agricultura 4.0 e, por fim, fala-se na questão da simulação enquanto ferramenta de apoio à decisão, sendo inclusive evidenciados casos em que a simulação foi útil para a resolução de problemas no setor agrícola.

2.1. O setor vinícola em Portugal

2.1.1. Enquadramento histórico

De acordo com o Instituto da Vinha e do Vinho (2018), foram os Tartessos que, 2000 anos a.C., cultivaram pela primeira vez a vinha em terras da Península Ibérica, mais precisamente no vale do Tejo e do Sado, passando a utilizar o vinho como moeda de troca no comércio de metais. Depois de vários povos ocuparem o território que viria, anos depois, em 1143, a ser considerado português, em 1249 foram criadas várias Ordens religiosas, militares e monásticas que permitiram que fossem criados centros de colonização agrícola, alargando-se desta forma as áreas de cultivo da vinha (Instituto da Vinha e do Vinho, 2018). Contudo, foi na segunda metade do século XIV que a produção de vinho se desenvolveu consideravelmente e se verificou um incremento das suas exportações.

Em 1703, com a assinatura do Tratado de Methuen entre Portugal e Inglaterra, as exportações de vinho voltaram a aumentar significativamente (Instituto da Vinha e do Vinho, 2018). Este acordo entre os dois países veio regular as trocas comerciais entre eles, ficando estabelecido um regime especial para a entrada de vinhos portugueses em Inglaterra (Infopédia, 2003-2020).

Só em 1907/1908 é que Portugal iniciou o processo de regulamentação oficial das várias denominações de origem. Além da região do Douro, demarcaram-se também as regiões de produção dos vinhos da Madeira, Moscatel de Setúbal, Carcavelos, Dão, Colares e Vinho Verde. Não obstante, só em 1933, com o intuito de regularizar o mercado dos vinhos, é que foi fundada a Federação dos Vinicultores do Centro e Sul de Portugal, e a Junta Nacional do Vinho, em 1937 (Instituto da Vinha e do Vinho, 2018).

Em 1986, foi criado o Instituto da Vinha e do Vinho, um organismo adaptado às estruturas impostas pelas políticas de mercado decorrentes da adesão portuguesa à Comunidade Europeia. Este foi um passo importante para a viticultura, tendo sido o conceito de Denominação de Origem uniformizado com legislação comunitária e foi criada a classificação de Vinho Regional, para os vinhos de mesa com indicação geográfica (Instituto da Vinha e do Vinho, 2018).

2.2. Importância económica do setor

O setor vinícola é, para Portugal, estratégico e muito acarinhado, não só pela longa tradição vinícola, mas também pelas condições de solos e clima favoráveis à sua produção (Martins, 2018).

Portugal tem 31 Denominações de Origem Protegida e 14 Indicações Geográficas que dão o seu contributo para o reforço da política de qualidade dos vinhos e para o sabor único dos diversos vinhos, assentes em castas autóctones (Martins, 2018).

Recuando ao ano de 2010, e analisando algumas estatísticas do setor, verifica-se que o mesmo apresentou uma relevância elevada na indústria de bebidas, sobretudo no emprego (58% dos empregos gerados pela indústria de bebidas dizem respeito à indústria dos vinhos), e que a indústria dos vinhos contribuiu com 43% do volume de Negócios da Indústria das bebidas e com 44% do valor acrescentado bruto da indústria das bebidas (Agro.Ges - Sociedade de Estudos e Projetos, 2012).

O setor vinícola tem apresentado uma evolução favorável ao longo do tempo, tendo, em 2017, voltado a reforçar a sua importância na estrutura de vendas da indústria das bebidas, apresentando aproximadamente 2,9 mil milhões de euros de vendas, mais 203 milhões de euros que em 2016 (Instituto Nacional de Estatística, 2019). Como evidenciado na Figura 1, 53,2% do total do valor das vendas da indústria das bebidas, diziam respeito à indústria do vinho (52,5% em 2016), seguida da “fabricação de cerveja” com 24,3% (23,4% em 2016) e da “fabricação de refrigerantes e produção de águas minerais naturais e de outras águas engarrafadas”, com 19,3% (20,6% em 2016) (Instituto Nacional de Estatística, 2019).

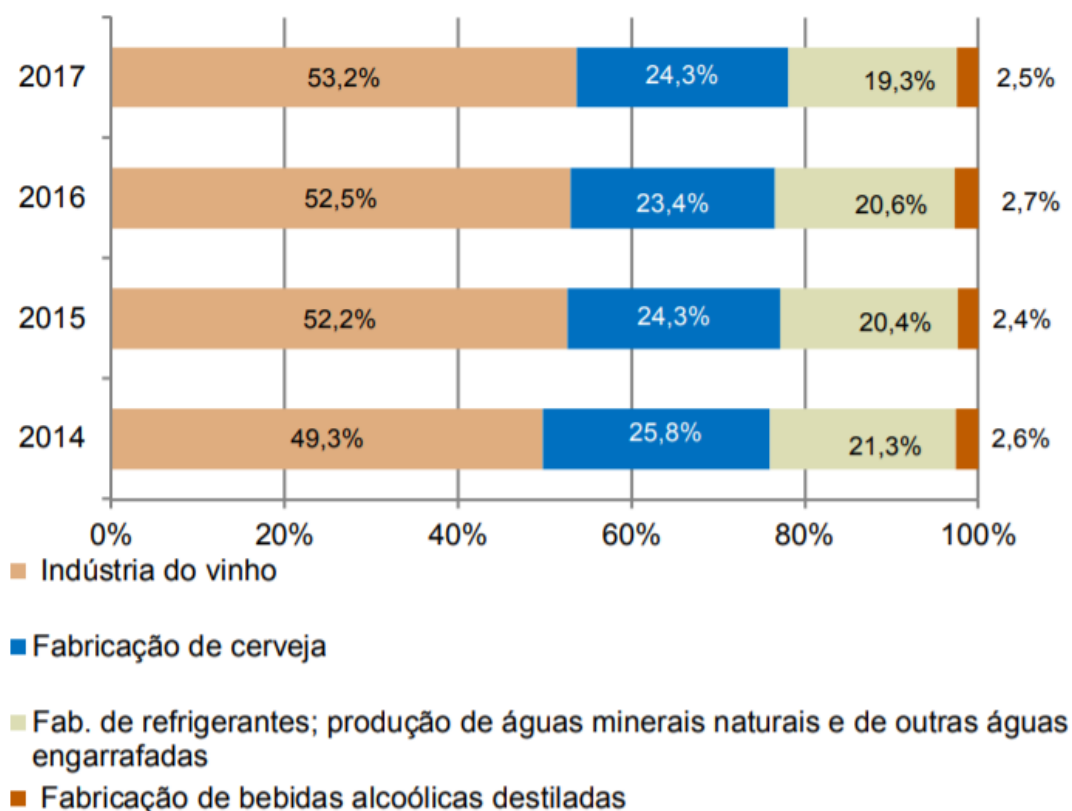


Figura 1 - Valor de vendas das Indústrias das Bebidas, em 2017. Fonte: INE, 2019

Em 2017, na indústria das bebidas, o vinho foi também o segmento mais relevante do setor, representando 87% das empresas, 65% do número de empregados e 51% do volume de negócios desta indústria (Banco de Portugal, 2019), conforme ilustrado na Figura 2.

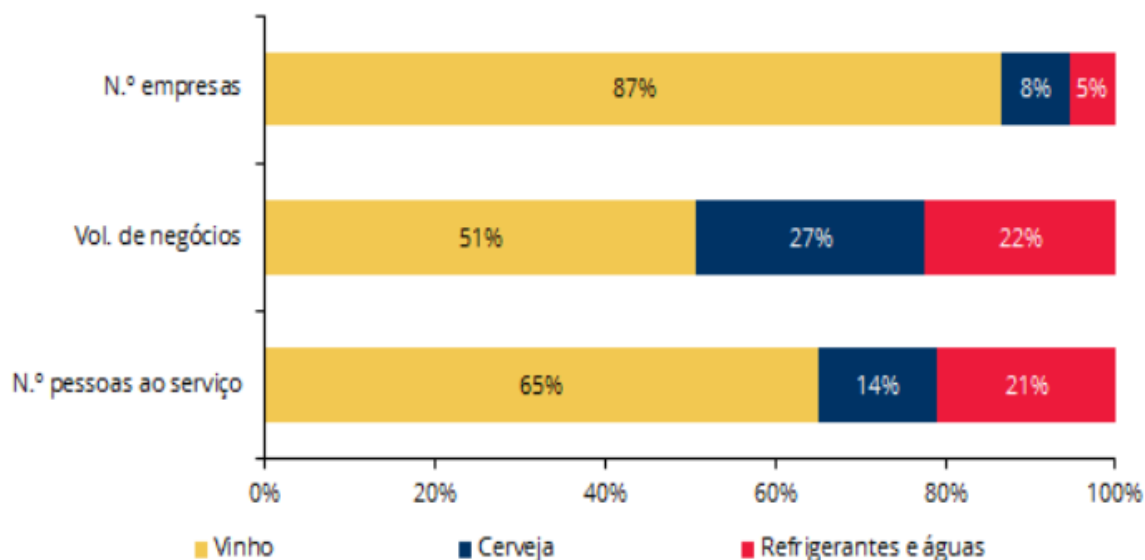


Figura 2 - Estrutura por segmentos da atividade económica da Indústria das Bebidas. Fonte: Banco de Portugal, 2017

Em 2018, Portugal foi o nono maior exportador de vinho do mundo, quer em volume (295 milhões de litros exportados em 2018), quer em valor (800 milhões de euros exportados em 2018) (Dias, 2019). De facto, em 2018, Portugal tinha cerca de 190.322 hectares de área de vinha plantada, que contribuíram para a produção de 6 milhões de hectolitros em 2018 (IVV, 2018).

Atualmente, a questão da sustentabilidade da produção de vinho é um tema que tem sido bastante abordado, uma vez que uma estratégia sustentável tem vantagens ao nível da redução de custos e diferenciação do produto (perceção do consumidor, reputação, entre outros), uma maior motivação dos recursos humanos e um melhor relacionamento com todas as partes relacionadas (Gilinsky et al., 2016). De facto, é importante que os produtores de vinho entendam as razões intrínsecas e extrínsecas associadas à compra e que produzam vinhos mais atrativos, desenvolvendo e implementando uma produção sustentável (Bisson et al., 2002).

2.3. A Indústria 4.0

A próxima revolução industrial – Indústria 4.0 – mantém a promessa de que seja possível atingir maiores níveis de flexibilidade na produção, assim como a de conseguir que os produtos sejam massivamente personalizados e se consiga melhor qualidade e maior produtividade (Zhong et al., 2017). Desta forma, as empresas estarão melhor preparadas para lidar com os desafios de produzir produtos cada vez mais individualizados, num curto espaço de tempo de entrega no mercado e maior qualidade.

2.3.1. A origem do conceito

Desde sempre que o homem procura formas de evoluir e conseguir melhorar a sua qualidade de vida. Para isso e por isso, o mundo industrial está em constante mutação e sempre a tentar encontrar alternativas mais eficazes e eficientes para realizar o mesmo tipo de trabalho e esforço. Neste contexto, pode dividir-se a evolução industrial em quatro evidentes revoluções que, por diferentes motivos, marcaram a história da humanidade, sempre com o objetivo de criar condições para sermos mais eficazes e produtivos (Xu et al., 2018).

As três primeiras revoluções industriais foram todas desencadeadas por inovações técnicas: a introdução do motor a vapor e tear mecânico no final do século 18, a divisão do trabalho no início do século 20 e a introdução de controladores lógicos programáveis, na década de 1970 (Brettel et al., 2014). Assim sendo, e de uma forma mais detalhada, nos finais do século XVIII, por volta do ano 1780, ocorreu aquilo que foi a primeira revolução industrial e que consistiu, essencialmente, no aparecimento do motor a vapor e do tear mecânico. No início do século XX, em 1870, o uso substancial de motores elétricos e combustíveis de petróleo esteve na base da segunda revolução industrial, tão associada a nomes como Henry Ford e Frederick Taylor. A terceira revolução industrial, que ocorreu nos anos 70, é reconhecida no contexto do uso de sistemas e robôs computadorizados na produção industrial (M. Y. Santos et al., 2017). Por fim, a quarta revolução Industrial, a Indústria 4.0, é a revolução que dá nome à era da transformação digital, onde os computadores e a automação se unem de uma forma integrada, sendo os sistemas computadorizados e equipados com máquinas e algoritmos de aprendizagem capazes de aprender dados, permitindo o aumento da eficiência e autonomia dos processos de produção (M. Y. Santos et al., 2017). Neste contexto, a revolução que ocorre na atualidade pode, de uma forma sucinta, ser definida como uma fusão entre métodos de produção e desenvolvimentos na tecnologia de informação e comunicação, esperando-se que, com esta revolução, os sistemas inteligentes e interligados permitam que pessoas, máquinas, equipamentos, sistemas logísticos e produtos comuniquem e cooperem diretamente uns com os outros (Deloitte, 2016). A Figura 3 esquematiza a evolução temporal das quatro revoluções industriais.



Figura 3 - As Quatro Revoluções Industriais (Deloitte, 2016)

2.3.2. Conceito de Indústria 4.0

Foi em 2011 que o termo Indústria 4.0 se tornou publicamente conhecido. Aconteceu em Hannover, na Alemanha, quando uma associação de representantes de negócios, política e academias promoveu a ideia como uma nova abordagem que viesse fortalecer a competitividade na indústria alemã (Bahrin et al., 2016). Depois de o Governo Federal alemão ter apresentado a Indústria 4.0 como um fenômeno novo e emergente e de o ter anunciado como parte integrante da sua estratégia tecnológica, este passou a ser um tema bastante estudado no meio universitário e em centros de investigação de grandes empresas, tendo inclusive sido escritos inúmeros artigos sobre o assunto (Hermann et al., 2016).

O termo Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial, e assume-se como um novo nível de organização e controlo sobre toda a cadeia de valor do ciclo do produto e é voltado para o incremento da satisfação dos requisitos individuais do próprio cliente (Vaidya et al., 2018). Esta revolução é marcada pelo objetivo de alcançar as chamadas fábricas inteligentes, ou seja, fábricas onde exista uma rede inteligente, maior mobilidade, flexibilidade das operações industriais, integração com clientes e fornecedores e adoção de modelos de negócios inovadores (Barreto et al., 2017). Todo este movimento é suportado pela existência de nove campos de estudo, referenciados na Figura 4, e detalhados em capítulo próprio desta dissertação, através dos quais a produção de células isoladas será transformada num sistema de produção integrado automatizado e otimizado.

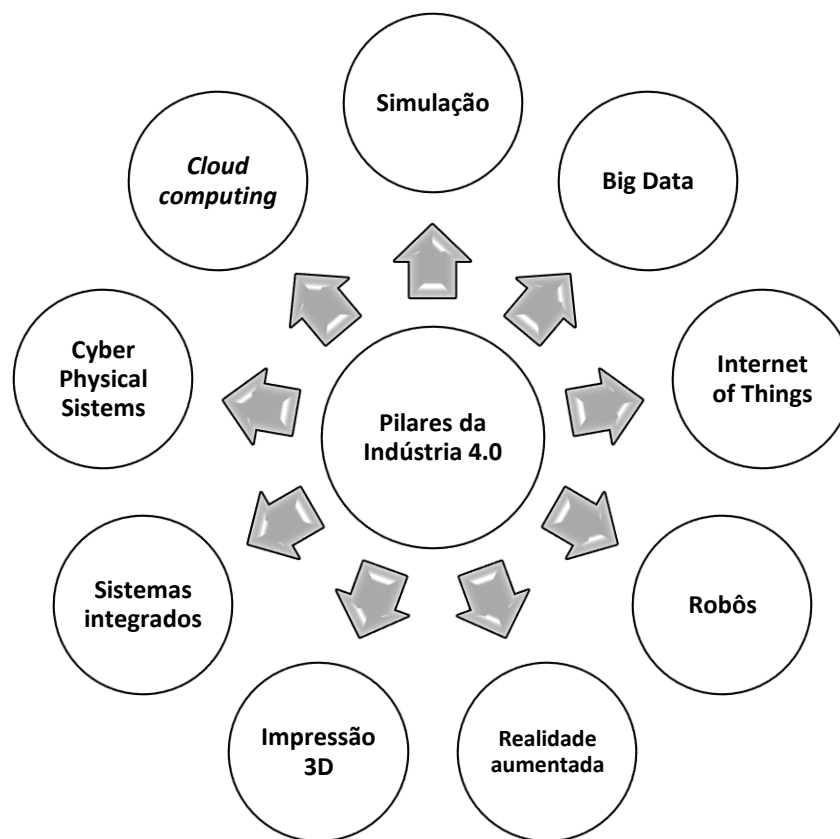


Figura 4 - Os 9 pilares da Indústria 4.0. Fonte: Vaidya et al., 2018

Estes novos sistemas usam uma rede global de informação e comunicação para uma troca de informações autônoma, combinando a produção com os processos de negócios. Esta integração dos diferentes campos leva a uma maior eficiência e mudança nas relações tradicionais de produção entre fornecedores, produtores e clientes, bem como no comportamento homem-máquina (Vaidya et al., 2018).

A Indústria 4.0 tem vindo, de acordo com o exposto, a transformar o panorama industrial atual, os robôs autônomos, a automação, os sistemas ciber-físico e internet das coisas e dos serviços estão a incrementar a sua importância face aos métodos mais tradicionais usados até então.

2.3.3. Princípios da Indústria 4.0

Enquanto que a 3ª Revolução Industrial se centrava na automatização de máquinas e processos, a 4ª Revolução Industrial, foca-se na total digitalização dos ativos físicos e na sua integração com os ecossistemas digitais e parceiros da cadeia de valor (Correia et al., 2016). É fundamental, não só gerar a informação, mas também analisá-la e comunicá-la de forma a conseguir obter os ganhos que advêm da Indústria 4.0. Efetivamente, esta nova revolução alia uma grande variedade de novas tecnologias que auxiliam a procura de criação de valor para as empresas.

Os avanços tecnológicos, que se têm verificado nos últimos anos, permitem que o conceito de Indústria 4.0 se materialize. Assim, e conforme discriminado na Figura 4, são nove os pilares que

servem de base ao desenvolvimento que permitem que máquinas, tecnologias de informação e sensores se interliguem ao longo de toda a cadeia de produção:

- **Big Data:** Um dos grandes apoios da gestão e da tomada de decisão em tempo real é a análise de grandes quantidades de dados. A análise dos dados é importante não só para descobrir ameaças e problemas inerentes às várias etapas do processo produtivo, mas também para prever soluções para os problemas encontrados (Bagheri et al., 2015). A análise de *Big Data* contempla quatro dimensões: volume de dados, variedade de dados, velocidade de geração de novos dados e análises, valor dos dados (Witkowski, 2017).
- **Robôs Autónomos:** Os robôs destacam-se como um dos principais impulsionadores da indústria 4.0, dada a sua tremenda evolução desde as últimas décadas do século XX. Os robôs tornaram-se mais produtivos, flexíveis, versáteis e mais seguros (Bahrin et al., 2016). Um robô autónomo pode ser usado em linhas de produção de forma também autónoma e, acima de tudo, pode trabalhar em condições e em zonas que os próprios seres humanos não podem.
- **Sistemas Integrados:** A integração e auto otimização são dois mecanismos importantes usados na organização industrial. Efetivamente, o paradigma que gira em volta deste tema na Indústria 4.0 tem três dimensões: integração horizontal em toda a rede de criação de valor, integração vertical e sistemas de integração de ponta a ponta (integração em todo o ciclo de vida do produto) (Vaidya et al., 2018).
- **Simulação:** Esta é uma ferramenta que pode auxiliar o processo de tomada de decisão. As simulações 2D e 3D podem ser utilizadas, por exemplo, para avaliar tempos de ciclo, consumo de energia e aspetos ergonómicos de instalações de produção, ao permitir testar vários cenários, a simulação pode também ajudar a solucionar alguns problemas, como a redução dos tempos de inatividade, filas de espera e falhas de produção durante a fase de inicialização (Simons et al., 2017). Este é um dos pilares que, dada a sua utilidade, é usado em vários trabalhos para indústria, sendo exemplo disso o uso da ferramenta na geração automática de modelos de simulação de linha de montagem de auto rádios (Luís Pinto Ferreira et al., 2005), bem como o seu uso na indústria automóvel para a otimização de linhas de montagem, de acordo com os trabalhos de Ferreira (2012; 2011).
- **Internet of Things:** O conceito de *Internet of Things* foi criado por um empresário britânico e fundador de *startups* chamado Kevin Ashton. A ideia foi, inicialmente, formulada em 1999 para descrever um sistema no qual o mundo material comunica com computadores, através da troca de dados com sensores (Witkowski, 2017). A Internet das Coisas, também conhecida como *Internet of Everything*, consiste então num sistema de integração tecnológica de informação e comunicação. Contexto, omnipresença e otimização são os três principais recursos da IoT, de acordo com Witkowski (Witkowski, 2017). O contexto refere a possibilidade de interação avançada do objeto com um ambiente existente e resposta imediata, caso algo mude, a omnipresença fornece informações de localização, condições físicas ou atmosféricas de um objeto e a otimização ilustra o facto de que os objetos de hoje são mais do que apenas conexões à rede de operadores humanos na interface homem-máquina (Witkowski, 2017).

- **The Cloud:** Com a chegada da Indústria 4.0, as empresas necessitam de aumentar a partilha de dados entre os vários servidores da organização, otimizando os tempos de reação, a solução de problemas e a tomada de decisões. O conceito de digitalização relaciona-se com as diferentes conexões de dispositivos em nuvem para partilha de informações e podem ser estendidas para a configuração de máquinas nas fábricas (Vaidya et al., 2018).
- **Realidade aumentada:** A realidade aumentada serve de base a uma grande variedade de serviços. Esta ferramenta pode ser utilizada pela indústria para fornecer, aos seus colaboradores, informações em tempo real sobre os procedimentos de trabalho, permitindo deste modo melhorar o processo de tomada de decisões (Vaidya et al., 2018). Um exemplo claro sobre as possibilidades de uso da realidade aumentada é o de passar a ser possível os trabalhadores receberem instruções de reparação sobre como substituir uma peça específica, enquanto observam o sistema real que precisa de reparo. (Vaidya et al., 2018).
- **Impressão 3D/Additive Manufacturing:** Tecnologias como a impressão 3D permitem uma maior localização da produção, mais distribuída e reconfigurável, o que origina uma mudança nas cadeias de abastecimento. Além disso, a fabricação aditiva e impressão 3D facilitam, de uma forma considerável, a personalização em massa, reduzindo o tempo de produção e os custos para a criação de produtos exclusivos (M. Y. Santos et al., 2017). O uso de tecnologias de manufatura aditiva tornam a produção mais rápida e barata, sendo esta uma vantagem importante, uma vez que as necessidades dos clientes estão constantemente em mutação, existindo já muitas empresas a ser desafiadas a aumentar a individualização dos produtos e reduzir o tempo de envio dos mesmos (Vaidya et al., 2018).
- **Cyber security and Cyber Physical Systems** – O incremento da conectividade que tanto acompanham o desenvolvimento da Indústria 4.0, aumenta a necessidade de proteger os sistemas industriais mais críticos e linhas de produção contra ameaças à segurança cibernauta. É dada cada vez mais importância à existência de comunicações seguras e confiáveis (Vaidya et al., 2018). Neste contexto, a *Cyber Security* assume uma grande importância e pode ser entendida como a integração dos sistemas naturais e criados pelo homem (espaço físico), os sistemas de computação, comunicação e de controle (espaço cibernético) (Bagheri et al., 2015).

2.3.4. Impactos da Indústria 4.0

São vários os impactos que a Indústria 4.0 provoca nas diversas indústrias. A mais sonante refere-se aos ganhos de desempenho experimentados pelas empresas e diretamente relacionados com a implementação de medidas inerentes à 4ª Revolução Industrial. Efetivamente, 57% das empresas nacionais do setor industrial esperavam, em 2016, um aumento médio da sua receita através do digital até 10%, 55% tinham como expectativa uma redução de custos acima dos 10% e cerca de 70% esperavam obter ganhos de eficiência acima dos 10% (Correia et al., 2016). Para além da melhoria da eficiência e redução de custos, 43% das empresas industriais portuguesas esperavam aumentos da receita superiores a 10%, nos cinco anos seguintes. Outra vantagem associada à Indústria 4.0 é a oportunidade de reter e aumentar a relação com os clientes (Correia et al., 2016).

Espera-se que a 4ª revolução industrial tenha consequências ao nível do tipo de empregos existentes e na sua gestão, já que serão criados novos modelos de negócios que terão um grande impacto na indústria e nos mercados, afetando todo o ciclo de vida dos produtos, proporcionando uma nova forma de produzir e executar negócios, permitindo a melhoria de processos e aumentando a competitividade da empresa (Pereira & Romero, 2017). De acordo com Pereira (2017), os impactos da Indústria 4.0 podem ser classificados em seis áreas principais: Indústria, Produtos e serviços, Modelos e mercado de negócios, Economia, Ambiente de trabalho e Desenvolvimento de habilidades.

A indústria 4.0 pode também ter impactos positivos no enriquecimento do trabalho, ou seja, numa educação mais eficaz dos trabalhadores e num melhor equilíbrio entre vida profissional e pessoal (Stock et al., 2018). De facto, as oportunidades estratégicas, operacionais, ambientais e sociais são impulsionadoras positivas da implementação da Indústria 4.0, enquanto os desafios em relação à competitividade e viabilidade futura, bem como a adequação organizacional e de produção, impedem o seu progresso (Müller et al., 2018). Contudo, são também esperados efeitos negativos ao nível da substituição de empregos por sistemas tecnológicos e em termos de controlo e total transparência do trabalho das Tecnologias de Informação e Comunicação, o que pode levar à exploração e extorsão do desempenho dos funcionários (Stock et al., 2018).

Os impactos desta revolução fazem sentir-se mais nas áreas da logística de atendimento e transporte, sendo que a implementação de determinadas tecnologias, como a realidade virtual e aumentada, impressão 3D e simulação, representam oportunidades para as organizações, permitindo-lhes alcançar uma maior flexibilidade, padrões de qualidade, eficiência e produtividade (Tjahjono et al., 2017). Efetivamente, soluções ditas inteligentes podem ser reconhecidas como soluções inovadoras nas áreas da tecnologia e organização, podendo ser ainda utilizadas na logística, nomeadamente na redução dos tempos de entrega, *lead time* e confiança no produto. Na prática, as soluções como a Internet das Coisas e *Big Data*, criam oportunidades para atender às necessidades dos clientes e também contribuem para o desenvolvimento da gestão de logística e cadeia de abastecimento (Witkowski, 2017).

Esperam-se impactos diretamente relacionados com a IoT, pois com o uso desta ferramenta prevê-se um aumento da competitividade dos fabricantes numa altura de intensificação da concorrência, sendo também expectável que a utilização de simulações digitais e dados contínuos permitam uma maior disponibilidade das instalações de produção e um aumento da qualidade do produto e do processo, sobretudo em termos de redução de resíduos (Kiel et al., 2017).

A medicina é uma área que pode beneficiar também dos impactos positivos desta revolução tecnológica, uma vez que existem diferentes ferramentas 4.0 que podem ser muito úteis no campo médico, nomeadamente a possibilidade de fabrico de dispositivos médicos de alta qualidade e altamente personalizados conforme as necessidades do paciente. Com a ajuda da Internet das Coisas e da Internet dos serviços, é possível gerar um mundo virtual, criar conectividade e troca de dados com a ajuda de *software*, sensores, robôs e outras tecnologias avançadas de informação, acreditando-se também que a Indústria 4.0 criará novas oportunidades e rotas inovadoras para o atendimento ao paciente (Javaid & Haleem, 2019).

2.4. Agricultura 4.0

A tendência da Indústria 4.0 está a transformar a capacidade produtiva de todas as indústrias, incluindo a indústria agrícola, sendo vista como uma força transformadora que impactará profundamente a indústria (Bonneau et al., 2017). A evolução da Agricultura 4.0 ocorre em simultâneo com evoluções comparáveis no setor industrial. Tal como a Indústria 4.0, a Agricultura 4.0, representa a interação interna e externa combinada das operações agrícolas, oferecendo informações digitais em todos os setores e processos agrícolas. A Agricultura 4.0 representa uma grande oportunidade para enfrentar a variabilidade e incertezas que envolvem a cadeia de produção agroalimentar (Zambon et al., 2019). Espera-se que as quintas se tornem mais inteligentes, mais eficientes e mais sustentáveis em termos ambientais, devido à combinação e integração de tecnologias e dispositivos de produção, sistemas de informação e comunicação, dados e serviços em infraestruturas de rede (Zambon et al., 2019).

Apesar da utilização das tecnologias 4.0 na agricultura se revelar mais lento e limitado, estas trazem vários benefícios para as pequenas e médias empresas que operam neste setor, essencialmente em termos de aumento de produtividade, diminuição de custos, maiores lucros, mais informações para melhores decisões e sustentabilidade (Annosi et al., 2019). De facto, enquanto a Indústria 4.0 se encontra já bastante avançada, tanto do ponto de vista científico e de pesquisa como do ponto de vista da sua implementação nas empresas, a Agricultura 4.0 ainda se limita a algumas empresas pioneiras. Por isso mesmo, vários autores defendem que o investimento no progresso tecnológico a todos os setores económicos e a promoção do desenvolvimento inovador e sustentável, conforme as metas de sustentabilidade das Nações Unidas, deveriam ser uma prioridade de cariz político (Zambon et al., 2019). De acordo com Ozdogan e Aktas (2017), alguns países da União Europeia e Estados Unidos da América têm já desenvolvidos planos de ação para agricultura digital, apoiando essa estratégia com políticas e implementações relacionadas. Os autores, propõe a implementação de centros tecnológicos e de incubação das universidades, pois estes poderão transformar o conhecimento científico acumulado em iniciativas e criar um ecossistema digital focado na agricultura.

As tendências da Indústria 4.0, e a variedade de tecnologias digitais em que ela se baseia, nomeadamente a IoT, *Big Data*, Inteligência Artificial e práticas digitais como a cooperação, mobilidade e inovação implicam uma transformação das infraestruturas de produção agrícola, por exemplo na criação de quintas conectadas, novos equipamentos de produção, tratores e máquinas capazes de se interligarem e que, por estarem equipados com GPS e sensores, permitirão otimizar as rotas do trajeto e reduzir o consumo de combustível (Bonneau et al., 2017). Estes desenvolvimentos permitirão, não só um aumento de produtividade, qualidade e maior proteção ambiental, mas também, segundo Bonneau (2017), irão contribuir para a geração de modificações na cadeia de valor e nos modelos de negócios, com mais ênfase na recolha, análise e troca de conhecimento. As quintas modernas podem beneficiar também com o uso de tecnologias sofisticadas como robôs, sensores de temperatura e humidade, imagens aéreas e tecnologias de informação (Clercq et al., 2018).

Vários têm sido os trabalhos sobre a transposição das ferramentas da Indústria 4.0 para a agricultura. Kovás e Husti (2018), evidenciaram as relações existentes entre a Indústria 4.0 e a Agricultura 4.0. Os autores analisaram as ferramentas inerentes à Indústria 4.0 e verificaram a sua aplicabilidade na agricultura. Concluíram que os robôs agrícolas, controlados por GPS, podem e são

utilizados para trabalhar na produção de plantas e na criação de animais. A agricultura inteligente utiliza, então, serviços de GPS, tecnologias máquina a máquina e IoT, sensores e *Big Data* para otimizar o rendimento das culturas e reduzir o desperdício (Kovács & Husti, 2018). De facto, a análise de *Big Data* e uso de sensores, têm sido práticas recentes e muito utilizadas por algumas empresas agrícolas, estando demonstrada a sua grande aplicabilidade através da utilização de aplicações que permitem o mapeamento do solo e terras, bem como a previsão do tempo (Kamilaris et al., 2017). Efetivamente, de acordo com Kamilaris (2017), a utilização de plataformas de armazenamento de dados pode ser muito útil na criação de novos modelos de negócios.

Têm sido encontradas várias razões, além do aumento da produtividade e eficiência, para recorrer às ferramentas 4.0 na agricultura. Efetivamente, dada a crescente exigência dos consumidores por produtos alimentares cada vez mais transparentes e sustentáveis, alguns autores (Corallo et al., 2018) defendem a utilização de tecnologias 4.0, como a IoT para recolha de dados e técnicas de análise para o processamento dos mesmos, de forma a recolher informações úteis para aumentar a eficiência dentro da empresa e a competitividade no mercado. Assim, a IoT e *Analytics*, são algumas das tecnologias inovadoras da Indústria 4.0 que têm um impacto significativo no mercado e que atuam como um impulso para a agricultura 4.0.

O reconhecimento da importância da agricultura 4.0 em Portugal, está patente no desenvolvimento de iniciativas relacionadas com esta temática. Destaca-se, por exemplo, a parceria entre a *Huawei*, PME's e Universidades, na qual se pretende a criação de um programa de apoio ao desenvolvimento de soluções para melhoria da eficiência na agricultura, através da gestão de qualidade das colheitas e de testes de qualidade do solo através da IoT *Smart Agriculture* (Deloitte, 2016).

A procura de métodos confiáveis para certificar os produtos alimentares, evitando assim fraudes, é uma grande preocupação na União Europeia (European Union, 2006). Neste contexto, o uso de biossensores na indústria alimentar está a aumentar, principalmente ligados à deteção de origem alimentar (Fernandes et al., 2015). O setor vinícola, sendo um negócio lucrativo está também sujeito a várias tentativas de práticas fraudulentas, principalmente em vinhos com alta cotação, havendo assim uma necessidade de desenvolver procedimentos de certificação confiáveis para a cadeia. Neste contexto, vários projetos estão a ser levados a cabo a fim de colmatar este problema, um deles é o *WineBioCode*, que visa definir uma estratégia para a autenticidade do vinho com base numa abordagem multidisciplinar. A abordagem integrada deste projeto prevê que os métodos baseados em DNA possam ser amplamente utilizados na composição das variedades de vinho, uma vez que a impressão digital não é alterada em toda a cadeia produtiva, garantindo confiabilidade e viabilidade. Para isto são utilizados biossensores e uma metodologia baseada em fusão de alta precisão (Fernandes et al., 2015).

Ainda num setor de bebidas, como é o caso do vinho, é importante garantir a qualidade do líquido durante o seu processo de produção de uma forma rápida e fiável. O sistema *Winegrid* utiliza sensores avançados para avaliar em tempo real a qualidade do vinho nos próprios barris. Este sistema permite que os produtores de vinho implantem uma unidade de sensor em cada recipiente, obtendo assim uma avaliação em tempo real de vários parâmetros (como densidade, intensidade da cor, matiz da cor e temperatura) ao longo de todo o processo de produção do vinho. A qualidade da medição é armazenada por uma plataforma IoT exclusiva para armazenar dados dos sensores sem fio e enviar dados para a nuvem (Oliveira et al., 2017).

2.5. A simulação na Indústria 4.0 enquanto ferramenta de apoio à decisão

A abordagem de dinâmica de sistemas foi desenvolvida por Jay Forrester, do MIT, durante os anos 50, para estudar a complexidade do comportamento em administração, fazendo uso da simulação computacional em ciências sociais. A dinâmica de sistemas é, então, uma forma de abordagem de sistemas como uma metodologia para entender o comportamento dinâmico de sistemas complexos que permite refletir o design de políticas para orientar as decisões da gestão (Eren Şenaras, 2017).

De facto, é comum que, quando confrontadas por um problema, grande parte das pessoas construa uma imagem mental ou um modelo da situação, no qual várias hipóteses são testadas de uma forma abstrata, a estas hipóteses de teste dá-se o nome de simulação (Disney et al., 1997). Não obstante esta forma mental de recorrer à simulação, o uso de tecnologia, ou seja, o uso de simulação por computador é uma etapa consideravelmente importante no processo de tomada de decisão, permitindo que os tomadores de decisão aprendam sobre a estrutura do sistema (como se interligam os vários fatores constituintes do sistema e quais os efeitos dessa interação) e a contribuição de elementos individuais para o comportamento total do sistema (Disney et al., 1997). O uso da simulação como um veículo para entender e auxiliar as questões de tomada de decisão no seio das organizações ganhou, assim, considerável atenção e impulso (Swaminathan et al., 1998).

Neste seguimento, a simulação envolve a criação de um modelo que tenta imitar os comportamentos de um sistema real, permitindo experimentar o modelo para tentar entender e generalizar esses comportamentos, de forma a auxiliar a tomada de decisão. Em muitas aplicações, a simulação também envolve testar e comparar projetos alternativos e validar, explicar e dar suporte aos resultados da simulação e às recomendações do estudo (White & Ingalls, 2017).

O conceito de dinâmica indica mudanças ao longo do tempo. Ou seja, se algo é dinâmico, muda constantemente. Neste contexto, um sistema dinâmico é um sistema no qual existem interações que promovem mudanças ao longo do tempo, sendo então a abordagem de dinâmica do sistema um método usado para entender como é que o sistema se altera com o decorrer do tempo. O objetivo é entender o sistema de comportamento básico das variáveis, descobrir os fatores que determinam esse comportamento e melhora-lo. Pode-se ainda acrescentar que, nos sistemas dinâmicos, as variáveis influenciam-se simultaneamente (Eren Şenaras, 2017). Atendendo a que a dinâmica de sistemas possibilita, então, a criação de modelos estruturalmente semelhantes aos que existem na realidade, permitindo que os possamos analisar e testar, assume grande importância na atualidade e na Indústria 4.0, sendo um dos seus pilares (Vaidya et al., 2018).

No seguimento do que já foi referido, este método tem vantagens extremamente úteis no enquadramento atual, uma vez que a simulação tem um grande poder de previsão de cenários hipotéticos, permitindo assim que se lide com problemas desordenados do mundo real. Este método permite ainda analisar como as mudanças estruturais numa parte de um sistema afetam o sistema como um todo (Santos et al., 2019).

A Indústria do Vinho, como qualquer outro setor, além das grandes empresas produtores é também caracterizada pela existência de produtores mais pequenos. Para estes as ferramentas utilizadas na Indústria 4.0 são uma valia importante, especialmente ao nível do apoio à tomada de decisão.

2.5.1. Dinâmica de Sistemas

Pidd (1996), citado por Duggan (2016), define um modelo como sendo uma representação externa e explícita de uma parte da realidade vista pelas pessoas que desejam usar esse modelo para compreender, mudar, gerir e controlar essa mesma realidade. Esta é uma definição perspicaz que também se pode aplicar à dinâmica de sistemas. O processo de construção do modelo concentra-se numa parte da realidade que precisa de ser entendida e gerida, sendo assim criada uma representação externa e explícita, sob a forma de um modelo, dessa realidade (Duggan, 2016).

Os modelos baseados em dinâmica de sistemas fazem uso de uma metodologia de simulação, desenvolvidos para auxiliar o estudo do comportamento dinâmico em sistemas complexos. Esta foi uma metodologia desenvolvida por Jay Forrester e aprimorada nas últimas décadas. Efetivamente a dinâmica de sistemas e os seus princípios de *feedback* e efeitos secundários permitem ajudar muitos gerentes a pensar de que forma uma estratégia pode ou não funcionar e que tipo de consequências, sejam elas intencionais ou não, podem surgir (Hjorth & Bagheri, 2005). Os modelos baseados em dinâmica de sistemas têm então a capacidade de lidar e monitorizar as suposições sobre as estruturas do sistema e os efeitos das mudanças nesses subsistemas, gerando cenários simulados dependendo das variações das variáveis em causa (Al-Khatib et al., 2016). Esta metodologia tem sido usada há muito tempo como uma ferramenta de simulação em diferentes áreas.

Os modelos baseados em dinâmica de sistema permitem retratar as regras de decisão dos agentes, processos naturais e estruturas físicas relevantes para o propósito do modelo. O que distingue os modelos baseados na dinâmica de sistemas de outros modelos dinâmicos é a especificação das equações e do processo de modelagem. Estes modelos devem ter poucas variáveis exógenas e as suas especificações não devem ser comprometidas, muito embora a simplificação e a linearização sejam frequentemente úteis na compreensão do comportamento do modelo completo. Métodos estatísticos para estimativa de parâmetros devem ser usados sempre que possível, mas bons modelos incluem todas as variáveis consideradas importantes, estejam ou não disponíveis dados numéricos para estimar os parâmetros (Sterman, 2002).

2.5.2. Modelos de simulação como ferramenta de apoio à decisão – Casos práticos

A área da dinâmica de sistemas, dada a sua aplicabilidade, é usada com frequência como ferramenta de apoio à decisão. Assim, são apresentados, na Tabela 1, alguns exemplos práticos em que a utilização desta metodologia foi útil na resolução de vários problemas existentes relacionados com o setor agrícola.

Tabela 1 - Exemplos da aplicação de simulação no setor da agricultura. Fonte própria

Referência	Aplicações da Simulação
(Chiu, 2017)	<p>Recorrendo a modelos baseados em dinâmica de sistemas de informação geográfica, o objetivo do estudo foi medir o impacto potencial do uso da água sob diferentes cenários, associados às mudanças climáticas e às mudanças na população, usando Minnesota como referência.</p> <p>Analisando os resultados, os autores concluíram que, apesar do uso da água ser regulado principalmente pelas mudanças climáticas, as mudanças na população terão um impacto maior. Além disso, na gestão da água, em termos de sustentabilidade de recursos hídricos futuros, deve adotar-se uma estratégia contemplando quatro dimensões: clima, população, tempo e localização.</p>
(Murshed & Werner, 2016)	<p>A avaliação dos impactos das tempestades extremas antes mesmo que os eventos ocorram ajudaria a, por exemplo, definir e otimizar planos de gestão de riscos das florestas. Este estudo, utilizando modelos baseados em dinâmica de sistemas, analisou os impactos económicos de tempestades extremas nos recursos florestais da Alemanha. Através deste modelo, os impactos podem ser calculados e comparados em diferentes anos de simulação. Esta abordagem e os seus resultados podem ajudar os proprietários das florestas públicas e privadas a decidir quais as melhores estratégias de resgate e gestão florestal.</p>
(Ardakani & Eslamieh, 2016)	<p>Recorrendo à dinâmica de sistemas, pretendeu-se avaliar o impacto dos principais fatores do desenvolvimento de novos produtos verdes nas receitas e na eficiência do retrabalho na indústria alimentar numa província do Irão.</p> <p>Após terem sido testados vários cenários, concluiu-se que fatores como o tempo de conclusão programado, a equipa e as instalações necessárias para cada projeto têm um papel fulcral no desenvolvimento de novos produtos nas indústrias de alimentos do Irão. Sendo que, para aumentar a receita, as organizações devem reduzir o tempo de conclusão programado.</p>
(Balkan & Meral, 2017)	<p>Este artigo centra a sua investigação na indústria de azeite, na Turquia. Considerando a grande importância e complexidade da agricultura, o objetivo do artigo é explicar como é que o valor do azeite e azeitonas emergem no mercado como resultado da dinâmica da indústria agrícola, e também investigar o efeito da especulação, dinâmica e stocks, ao longo da cadeia de abastecimento. Assim a dinâmica de sistemas foi utilizada para simular e fazer análises de políticas e sugerir recomendações.</p>
(Zamora et al., 2003)	<p>Este é um estudo que relata os principais detalhes estruturais da cadeia de vinhos na Argentina, e tem como objetivo primordial identificar a dinâmica da sua produção e consumo. Assim, através de modelos baseados em dinâmica de sistemas foi elaborado um modelo explicativo dos mecanismos de coordenação entre os vários fatores que influenciam a cadeia dos vinhos, nomeadamente a venda, procura e preço dos vinhos.</p>

(Chester et al.) Foi desenvolvido, neste estudo, um modelo baseado em dinâmica de sistemas da indústria vinícola na Nova Zelândia que tem como objetivo examinar o impacto das alterações ambientais e políticas no comportamento de curto e longo prazo desta indústria. Este é um modelo agregado que inclui variáveis como a colheita de uvas, a produção, exportações e importações de vinho, movimentos de stock e fluxos financeiros. Este modelo permite antecipar o efeito, a longo prazo, das alterações climáticas, alterações políticas, oscilações nos preços internacionais e taxas de câmbio, permitindo aos produtores e vinicultores tomarem decisões estratégicas de longo prazo mais informadas sobre a gestão vinícola.

(Bivona, 1998) A metodologia baseada em dinâmica de sistemas foi utilizada para analisar as relações entre causas e efeitos das variáveis relevantes relacionadas com as dinâmicas entre a oferta e procura de vinho, entrando em linha de conta com variáveis como a taxa de libertação do solo, o ciclo de vida das videiras, a plantação das terras e o rendimento da produção de vinho.

Como é possível verificar, através da análise dos artigos detalhados na Tabela 1, a simulação é uma ferramenta à qual é atribuída grande importância e sobre a qual já existem vários estudos e projetos desenvolvidos. Por esta razão, foi decidido aplicar este método no setor vinícola para tentar solucionar alguns dos problemas verificados neste ramo de atividade.

3. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DESENVOLVIDO

O capítulo três é dedicado à apresentação do modelo desenvolvido. Assim, após uma pequena introdução geral sobre o que foi feito, apresentam-se os métodos e materiais utilizados. Seguidamente, apresentam-se os principais problemas que o setor vinícola apresenta, bem como os parâmetros que influenciam a produção, qualidade e preço do vinho em Portugal. De seguida, mostram-se os resultados das entrevistas e o modelo conceptual. É também apresentada uma breve explicação das variáveis incluídas no modelo e o diagrama de *stock-flow*. Por fim, discriminam-se os *outputs* disponibilizados pelo modelo.

3.1. Introdução Geral

No seguimento do levantamento dos problemas inerentes ao setor vinícola, apresentados posteriormente neste capítulo, o foco deste trabalho prende-se com a questão da tomada de decisão das empresas do setor em particular. Sendo este um ponto fulcral para qualquer empresa, é essencial que os gestores, quando têm necessidade de efetuar escolhas, o façam de uma forma informada e ponderada.

Assim, optou-se por recorrer à dinâmica de sistemas para criar uma ferramenta de apoio à gestão que facilite a tomada de decisões e que seja suficientemente flexível para que se possa adaptar à realidade de cada empresa. De facto, atendendo a que o apoio à decisão na escolha de estratégias e políticas é uma das principais utilidades da dinâmica de sistemas, sendo o principal objetivo do processo de modelação do sistema comparar os resultados de vários cenários para fornecer mais informações aos decisores da política estratégica da empresa (Currie et al., 2018), considerou-se que este método era o mais adequado para resolver os problemas identificados.

Atendendo a que o propósito desta ferramenta é adaptar-se à realidade de cada empresa, de forma a ajudar os gestores a tomarem decisões, as variáveis de entrada do modelo foram definidas, não só pela análise da literatura, mas também através da conversa com nove especialistas da área. Estas entrevistas, cujo teor se explora no capítulo seguinte, permitiram aproximar o modelo da realidade e adquirir um conhecimento mais aprofundado sobre o funcionamento deste setor.

O programa escolhido para dar resposta aos problemas evidenciados quer pela literatura quer pelos gestores entrevistados foi o *Vensim*, este é um *software* disponibilizado pela *Ventana Systems* e é, sobretudo, ideal para os casos de simulação contínua. Para ser possível utilizar algumas ferramentas oferecidas pelo *software*, optou-se por comprar a licença para o *Vensim PLE PLUS*.

3.2. Métodos e materiais utilizados

O objetivo deste estudo é construir uma ferramenta de apoio à decisão que auxilie os gestores de empresas que operem no setor vinícola a efetuarem escolhas estratégicas, com base na comparação de vários cenários. Assim sendo, para alcançar este objetivo, foi seguida a metodologia descrita na Figura 5.

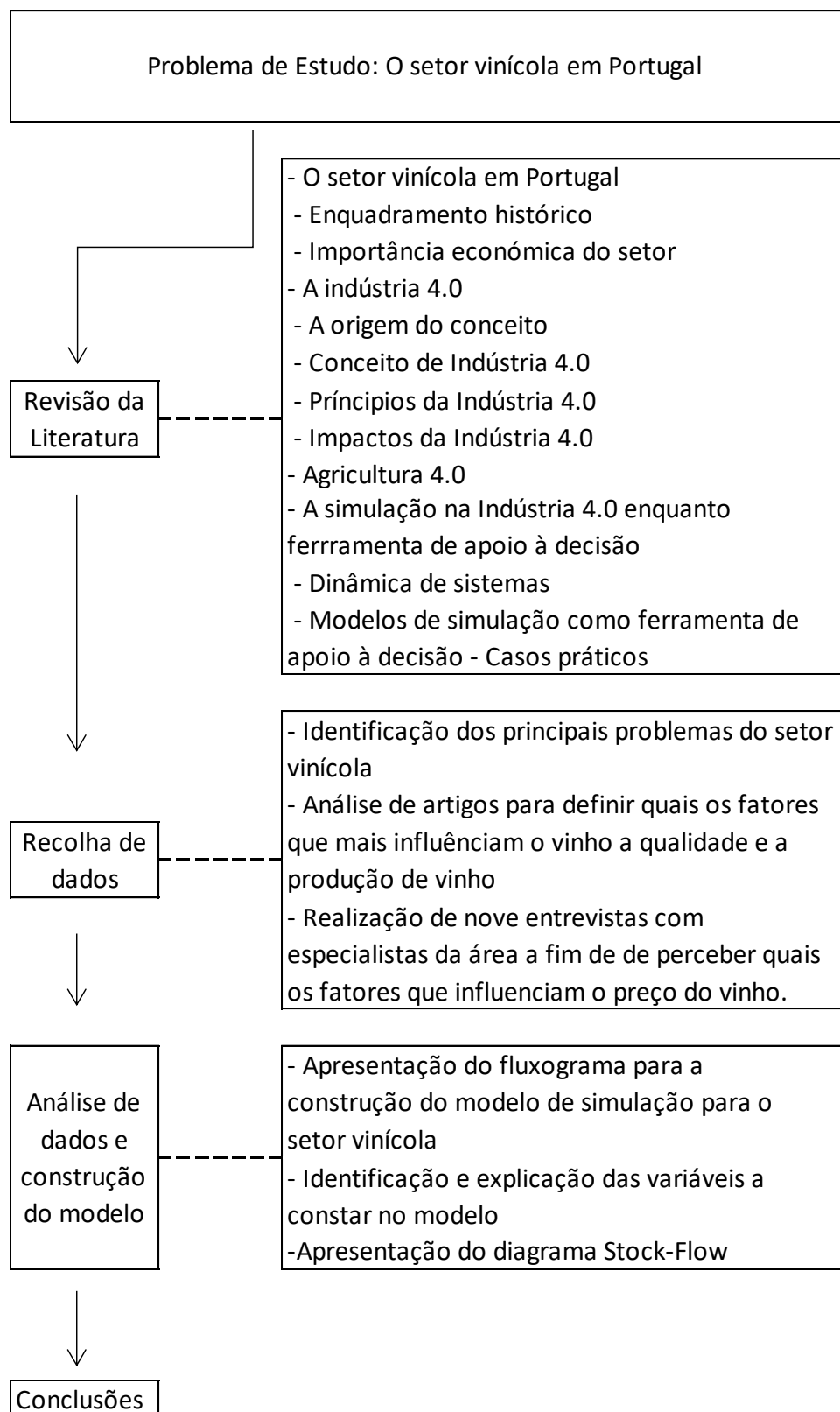


Figura 5 - Fluxograma com a metodologia do trabalho. Fonte própria

3.3. Apresentação do modelo

3.3.1. Identificação dos principais problemas do setor vinícola

A agricultura e o setor vinícola, em particular, evidenciam alguns problemas e questões que dificultam a gestão e tomada de decisão nas várias empresas que operam no setor.

Neste seguimento, a agricultura é, efetivamente, um dos setores onde é dado às alterações climáticas grande relevo, pela sua importância na produção agrícola, de facto, este é o setor onde os investimentos feitos na área climática apresentam maiores impactos (Vaughan et al., 2016). No setor vitivinícola a perceção de que a qualidade de um vinho está intrinsecamente ligada ao ambiente característico da sua zona de produção, incluindo o clima, as características do solo, a topografia e a história e cultura de um local, está também bem vincada (Charters, 2006). O clima é, de acordo com António Graça (2019), o fator determinante mais importante da qualidade do vinho para qualquer variedade de videiras. Este, dadas as suas características imprevisíveis, é então um dos principais problemas com que os produtores de vinho se deparam, pois, um ano extremamente chuvoso ou extremamente seco tem impacto na qualidade das uvas e, conseqüentemente, na qualidade e preço do vinho. Torna-se, assim, não só importante analisar quais os impactos das mudanças climáticas a fim de definir estratégias de adaptação, mas também estudar os impactos das alterações verificadas ao nível do solo relacionadas com a vulnerabilidade do *terroir* (Bernetti et al., 2012).

Uma outra questão que se impõe como um desafio global no setor vinícola é a diminuição do próprio interesse dos consumidores por esta bebida, já que a sua procura pode ser explicada pela questão da moda do vinho (Goncharuk, 2017). Assim, a perceção que os consumidores têm do vinho é também um problema que tem de ser tido em conta aquando da tomada de decisão.

A Indústria do Vinho, como qualquer outro setor, além das grandes empresas produtoras é também caracterizada pela existência de produtores mais pequenos, para estes as ferramentas utilizadas na Indústria 4.0 são uma valia importante, especialmente ao nível do apoio à tomada de decisão. Neste contexto os modelos baseados em dinâmica de sistemas são um apoio importante, permitindo analisar, entre outras coisas as causas e efeitos das variáveis relevantes relacionadas com as dinâmicas entre a oferta e procura de vinho, entrando em linha de conta com variáveis como a taxa de libertação do solo, o ciclo de vida das videiras, a plantação das terras e o rendimento da produção de vinho (Bivona, 1998).

3.3.2. Identificação dos parâmetros que influenciam a produção, qualidade e preço do vinho em Portugal

O clima é um fator já difundido no sucesso de todos os sistemas agrícolas, este é um fator capaz de influenciar se uma cultura é adequada para uma determinada região, controlando amplamente a produção e a qualidade da cultura e, finalmente, impulsionando a sustentabilidade económica (Jones & Alves, 2012). Sendo a agricultura um dos setores onde as alterações climáticas têm grande influência, é também neste setor que os investimentos feitos na área climática apresentam maiores impactos (Vaughan et al., 2016).

O setor vinícola não é exceção, e a produção de vinho é fortemente influenciada pelo clima, já que as condições climatéricas são um dos aspetos mais críticos no amadurecimento das frutas, que por sua vez, têm um impacto direto no alcance das características ideais que produzem um determinado tipo de vinho (Jones & Alves, 2012). As videiras respondem a uma infinidade de influências climáticas, contudo, de acordo com Mullins (1992), a temperatura é o fator mais influente no crescimento geral das videiras e na produtividade das uvas viníferas. Jones (2012), salienta que a produção de vinho de alta qualidade é mais realisticamente limitada a temperaturas médias de estação de crescimento de 13°C a 21°C, contudo para o geral da produção de vinho, a temperatura deve variar entre 12°C a 22°C.

Vários autores corroboram a ideia de que o clima tem um papel fulcral na produção de vinho, António Graça (2019), conclui que este é o fator determinante mais importante da qualidade do vinho para qualquer variedade de videiras, sendo que um claro exemplo dos efeitos significativos que as alterações climáticas têm na produção de vinho é a recente expansão da produção de vinho no Reino Unido e na Dinamarca, onde anteriormente o clima era relativamente inóspito para o cultivo de uvas para vinho.

Não só o clima assume um papel preponderante na produção e qualidade do vinho produzido, mas também, segundo Charters (2006), o solo onde as uvas são plantadas, a zona onde as uvas são produzidas, a topografia da região, a história e a cultura da região impactam fortemente a perceção da qualidade de um vinho. O que nos leva ao conceito de *terroir*, este é um termo francês que descreve todo o complexo de fatores ambientais e naturais que não podem ser modificados pelo produtor de uma forma simples (Carey, 2001). Este conjunto de fatores naturais refletem-se no produto final em conjugação com as decisões de gestão do produtor, dando origem a vinhos distintos com uma origem que pode ser identificável. O *terroir* não pode, assim, ser analisado de uma forma isolada das práticas de gestão e cultivo da vinha, embora essas práticas não façam parte da definição intrínseca (Carey, 2001). Dos vários fatores ambientais que afetam a dinâmica do *terroir*, o tipo de solo em que as videiras são cultivadas desempenham um importante papel não só no comportamento da videira em si, mas também na qualidade da uva e nas características sensoriais do vinho (Bodin & Morlat, 2006), afetando assim a sua produção e consumo. Conclui-se, assim que a seleção adequada do local de cultivo tem um papel preponderante na garantia de obtenção de um produto final com maior valor (Lopo et al., 2017).

A qualidade do vinho é então determinada pela conjugação de inúmeros fatores e, por sua vez, parâmetros como a qualidade, a atratividade, disponibilidade e preço do vinho influenciam as vendas deste setor (Zamora et al., 2003). Efetivamente, os consumidores, para tomarem as suas decisões de compra formam expectativas ligadas com a qualidade do produto que vão adquirir, sendo que após a compra, o produto origina uma experiência de qualidade. Na literatura alguns autores defendem que a relação entre a expectativa de qualidade e a experiência de qualidade determina a satisfação do consumidor com o produto e, conseqüentemente, a probabilidade de voltar a comprar (Grunert, 2002).

Perceber como é que os consumidores escolhem o vinho é bastante complexo, este é um produto difícil e confuso para os consumidores escolherem devido ao grande número de sugestões no rótulo como a marca, a região de origem e a variedade de uva. Efetivamente, como no momento da compra o vinho não pode ser provado os consumidores fazem a sua escolha com base na

informação disponível no rótulo da própria garrafa, sendo inclusive o preço, região de origem e a marca, os atributos mais importantes (Lockshin et al., 2006).

Relativamente ao preço, vários estudos empíricos sugerem que o preço do vinho depende da sua qualidade, reputação e características objetivas (como o ano de colheita do vinho, a região de origem das uvas e a variedade das uvas) (Oczkowski, 2001). A reputação assume um papel importante, uma vez que os consumidores fazem depender a sua escolha da reputação individual da empresa, com base na qualidade passada dos resultados da empresa e dos indicadores de reputação coletiva ou de grupo. Estas características permitem que os consumidores segmentem empresas em grupos com diferentes qualidades médias para prever a qualidade atual do produto. Para ajudar a lidar com essa incerteza, os consumidores processam vários sinais de qualidade percebidos, principalmente de natureza extrínseca, como preço, produtor, marca, região, prémios, classificações e recomendações (Lockshin et al., 2000).

Neste seguimento, a região onde o vinho é produzido assume-se como uma característica determinante na decisão dos consumidores de comprar uma garrafa de vinho (J. F. Santos & Ribeiro, 2005), sendo que, Santos e Ribeiro (J. F. Santos & Ribeiro, 2005), concluíram ainda que os preços mais altos estão associados aos vinhos do Alentejo, Douro e Dão, indicando que os consumidores estão dispostos a pagar mais quando o vinho for proveniente dessas áreas de produção e que quando não é possível distinguir de uma forma objetiva a qualidade intrínseca do vinho, os consumidores recorrem à região de origem como um indicador de qualidade substituto. Assim, a região de origem é um dos atributos mais importantes na escolha do vinho, quer para consumidores quer para retalhistas (Ribeiro, 2008).

3.3.3. Resultado das entrevistas

A Tabela 2 ilustra, de uma forma muito simplificada, o resultado das entrevistas realizadas a vários especialistas da área. Neste contexto, o objetivo destas conversas foi o de perceber quais os fatores que influenciam o preço do vinho, uma vez que estes são os fatores mais analisados pelos gestores quando têm de tomar uma decisão sobre a estratégia da empresa, sendo, por isso, relevante dar destaque a estes fatores no modelo criado.

Por questões de confidencialidade, algumas empresas não foram identificadas, estando representadas por nomes fictícios.

Tabela 2 - Resultado das entrevistas. Fonte própria

Empresa	Cargo	Principais fatores que afetam o preço do vinho
Empresa 1	Sócio da empresa	País de origem
		Região de origem
		Inovação
		Reputação da Marca
Soito Wines	Sócia Gerente	Custos de produção
		Posicionamento do vinho
		Qualidade do vinho
		Imagem da garrafa/rótulo
Instituto Politécnico do Porto	Professora Ensino Superior	Custo da matéria prima (uva e a casta da própria)
		Estilo de vinho (com barrica ou não)
		Roupagem (rótulo/garrafa/rolha)
		Imagem da distribuição final
Arkos	Sócio da empresa	Região de origem
		Prêmios /Recomendações Enólogos
		Marketing
		Ano de colheita
		Preço no produtor
Universidade do Minho	Coordenadora de uma pós-graduação para executiva em Marketing Vinhos	Posicionamento do vinho
		Volume de produção
		Análise estratégica da concorrência
		Custos de produção
Empresa 2	Responsável de Produção	Custo da matéria prima
		Tipo de uva - casta
		Vinificação
		Embalagem
Quintas Vila Garcia	Comercial	Margem de lucro do vendedor
		Nº intermediários (produtor/vendedor)
		Custo transporte
		Custo matéria prima
Pousio	Responsável de Produção	Oferta/Procura
		Reputação da Marca
		Estratégias de Marketing
		Qualidade Percecionada do Vinho
Quintas Vila Garcia	Responsável pelo Marketing	Condições climáticas
		Custo Mão de Obra
		Custos de produção
		Preço da garrafa/rótulo

Estas entrevistas, de acordo com o que já foi referido, tiveram um papel decisivo na construção do modelo. Não só pelo auxílio na seleção das variáveis a incluir, mas também para dar mais sensibilidade à autora sobre o setor em causa.

De facto, além dos fatores identificados na Tabela 2, foram obtidos outros *outputs* interessantes sobre a dinâmica em torno do preço do vinho. Por exemplo, de acordo com um dos entrevistados, quanto maior o lucro da empresa, maior será a sua capacidade de inovar, originando assim um vinho mais diferenciado e valorizando a sua marca. Segundo ele, o ano de colheita é também um importante determinante da qualidade do vinho e da sua reputação.

Um outro aspeto revelado por outro dos especialistas consultados, prende-se com a produção do vinho. Efetivamente, a quantidade produzida de vinho depende, de acordo com esta entrevistada, da sua colheita.

Conforme mostra a Tabela 2, o fator que influencia o preço do vinho mais comum às pessoas entrevistadas prende-se com os custos de produção. Neste sentido foi dado um destaque considerável a esta variável no modelo construído.

3.3.4. Modelo Conceptual

Esta fase do projeto de investigação prevê, então, o desenvolvimento de um modelo de apoio à decisão baseado em dinâmica de sistemas. Neste contexto, na Figura 6 está representado o fluxograma com os passos seguidos para a construção do modelo.

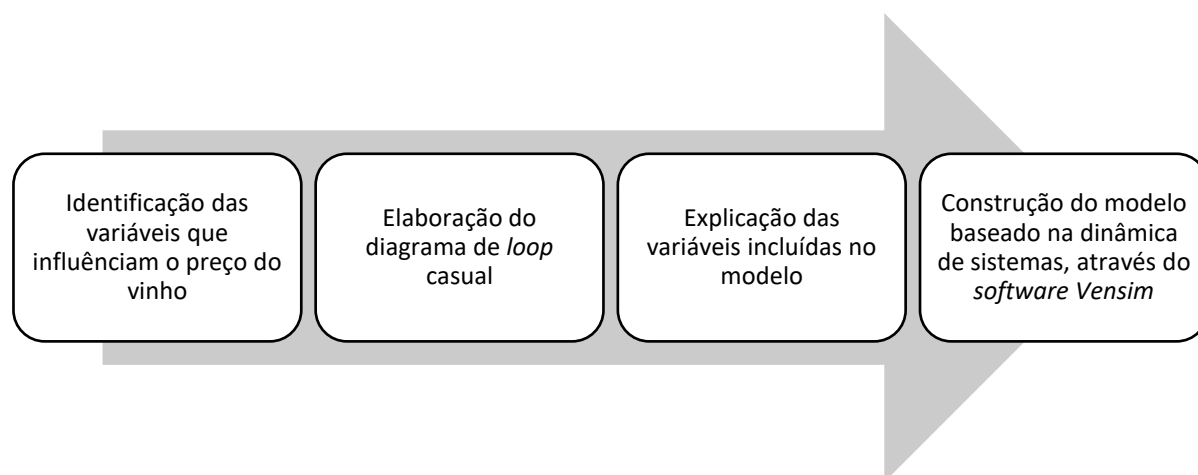


Figura 6 - Fluxograma para construção do modelo baseado em dinâmica de sistemas

Pretende-se, assim, formular as hipóteses que explicam a dinâmica do sistema real modelado e que traduza as relações de causa efeito entre as variáveis. Entende-se, assim, por sistema, uma unidade cujos seus elementos interagem entre si, afetando-se continuamente, e operando em prol de um objetivo comum. É, portanto, capaz de manter a sua identidade ao longo do tempo e em ambientes mutáveis (Aracil, 1995). Evidencia-se que o comportamento dinâmico do próprio sistema depende das interações das próprias variáveis.

No seguimento das pesquisas e entrevistas efetuadas, o modelo conta com as seguintes variáveis: preço do vinho por litro (o modelo apenas considera o preço do vinho tinto e vinho branco),

margem de lucro do produtor (definida por cada utilizador), lucro por litro, custos totais por litro, custos de armazenagem por litro, custos de armazenagem totais de cada empresa, custos de distribuição por litro, custos de produção por litro e custos de produção totais de cada empresa, custos de Marketing por litro, vendas de vinho em litros, capacidade de vendas (de cada empresa), produção de vinho em litros, área cultivada em Hectares, valor inicial da área cultivada em Hectares, aumentos na área cultivada em Hectares, produção de vinho por Hectares (litros/hectares), stock de vinho em litros, reputação do vinho, influência dos prémios na reputação do vinho, influência do marketing na reputação do vinho, influência da região de origem na reputação do vinho, influência da qualidade na reputação do vinho, qualidade do vinho, influência do tipo de solo na qualidade do vinho, influência do ano de colheita na qualidade do vinho, influência do clima na qualidade do vinho, influência da inovação e tecnologia na qualidade do vinho, influência da região de origem na qualidade do vinho.

O objetivo do modelo é que seja adaptável à realidade de qualquer empresa. Dada a subjetividade de alguns fatores inerentes ao modelo, como é o caso do impacto da reputação do vinho no seu preço, foram incluídas variáveis percentuais que permitem que cada utilizador ajuste o modelo à estratégia e realidade da sua empresa, nomeadamente: Percentagem em que o solo influencia a qualidade do vinho, percentagem em que o ano de colheita influencia a qualidade do vinho, percentagem em que o clima influencia a qualidade do vinho, percentagem em que a inovação e tecnologia influenciam a qualidade do vinho, percentagem em que a região de origem influencia a qualidade e a reputação do vinho, percentagem em que a qualidade do vinho influencia a sua reputação e percentagem em que os prémios e o marketing influenciam a reputação do vinho.

Como se observa na Figura 7, estas variáveis percentuais existem em simultâneo com as variáveis: solo, ano de colheita, condições climáticas, inovação e tecnologia, região de origem, prémios e marketing. Estas variáveis estão condicionadas a uma escala de *Likert*. Estas são escalas de resposta usadas, principalmente, em questionários para obter preferências ou o grau de concordância do participante a um determinado assunto (Bertram, 2017).

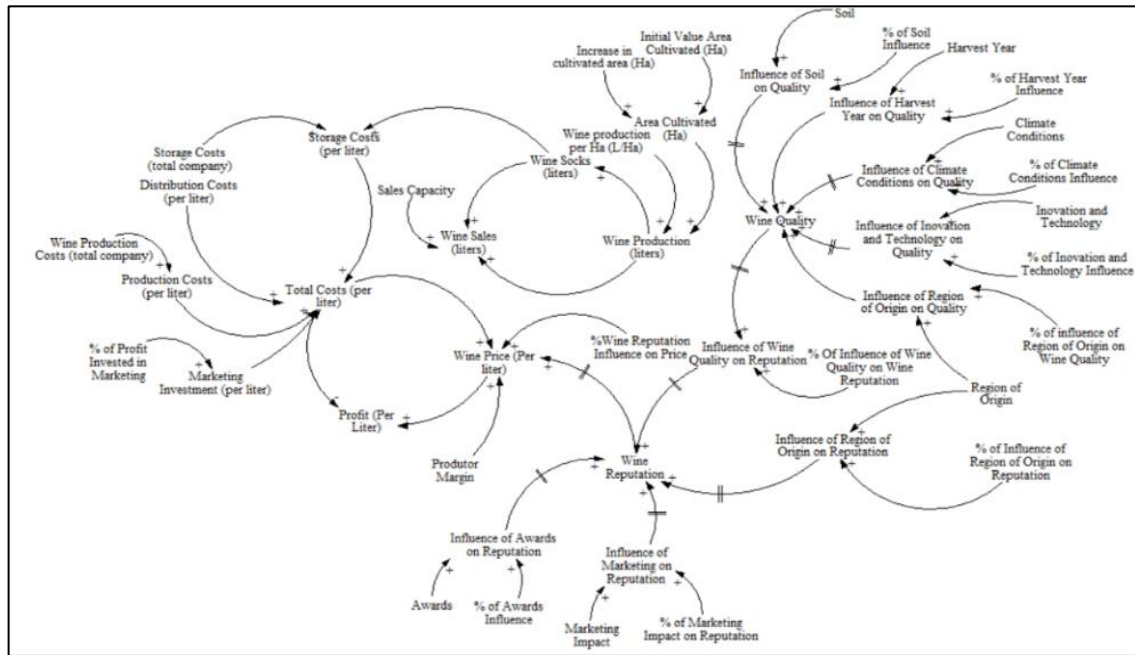


Figura 7 – Diagrama de *Loop Casual*

3.3.5. Breve explicação das variáveis do modelo

Os *stocks* e fluxos são as bases de construção dos modelos baseados em dinâmica de sistemas. Eles caracterizam o estado do sistema em estudo e fornecem as informações nas quais as decisões e ações são baseadas. Os *stocks* podem mudar por intermédio dos seus fluxos, que são caracterizadas por serem as quantidades adicionadas (entrada) ou subtraídas (saída) de um *stock* ao longo do tempo (Duggan, 2016).

Neste seguimento, para simular o modelo, constituído por 53 variáveis e 1 *stock*, é necessário determinar as relações que existem entre as variáveis selecionadas. Neste contexto, nas Tabela 3 e Tabela 4, discrimina-se as equações que estão na génese do modelo criado.

Tabela 3 - Detalhe das variáveis do modelo. Fonte própria

VARIÁVEL	EQUAÇÃO	DESCRIÇÃO
Wine Sales (I)	<i>IF THEN ELSE (Sales Capacity >"Wine Production (I)", "Wine Production (I)", Sales Capacity)</i>	Atendendo a que a capacidade de vendas de cada empresa não é ilimitada, a variável <i>Wine Sales</i> é igual à produção de vinho, se a capacidade de vendas for superior à produção e é igual à capacidade de vendas, caso esta seja inferior à produção.
Wine Production (I)	<i>Wine production per Ha (L/Ha) * "Area Cultivated (Ha)"</i>	Considera-se que toda a uva cultivada é utilizada para a produção de vinho e que não é comprada uva a terceiros.
Sales Capacity	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor e representa a capacidade de venda de cada empresa.
Wine production per Ha (L/Ha)	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
Area Cultivated (Ha)	<i>"Initial Value Area Cultivated (Ha)" + STEP ("Increase in cultivated area (Ha)", 12)</i>	A área cultivada é dada pela soma entre o valor inicial de Hectares cultivados e pelo aumento (que pode ou não se verificar). Considerou-se que o aumento da área a ser cultivada só tem impacto no cultivo seguinte, ou seja, 12 meses depois.
Increase in cultivated area (Ha)	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
Initial Value Area Cultivated (Ha)	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
Storage Costs (per liter)	<i>"Storage Costs (total company)"/"Wine Stocks (I)"</i>	Determinação do custo de armazenagem por cada litro de vinho produzido
Storage Costs (total Company)	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
Distribution Costs (per liter)	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
Wine Production Costs (total company)	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
Production Costs (per liter)	<i>"Wine Production Costs (total company)"/"Wine Production (liters)"</i>	Determinação do custo de produção por cada litro de vinho produzido.
Marketing Investment (per liter)	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
Total Costs (per liter)	<i>"Distribution Costs (per liter)" + "Marketing Investment (per liter)" + "Production Costs (per liter)" + "Storage Costs (per liter)"</i>	Considera-se que todos os custos não discriminados estão incluídos nos custos de produção.
Profit (Per liter)	<i>"Wine Price (Per liter)" - "Total Costs (per liter)"</i>	Determinação do lucro por cada litro de vinho produzido.
Wine Price (per liter)	<i>"Total Costs (per liter)" + (1 + Produtor Margin) + DELAY1("%Wine Reputation Influence on Price"*Wine Reputation, Wine Reputation Time)</i>	Considera-se que a influência da reputação do vinho no preço não é imediata, havendo assim um <i>delay</i> que é definido pelo utilizador.

Producer Margin	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
% Wine Reputation Influence on Price	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante a realidade de cada produtor.
Wine Reputation	$(DELAY1(\text{Influence of Awards on Reputation, Award Time}) + DELAY1(\text{Influence of Marketing on Reputation, Marketing Time}) + DELAY1(\text{Influence of Region of Origin on Reputation, Region of Origin Time}) + DELAY1(\text{Influence of Wine Quality on Reputation, Wine Quality Time})) / 4$	Todas as variáveis que influenciam a <i>Wine Reputation</i> são caracterizadas por via de uma escala de <i>Likert</i> , neste contexto, e por uma questão de coerência, também a variável em causa deve ser caracterizada da mesma forma, daí que tenha de ser dividida pelo número de variáveis em causa (4), considerou-se ainda que a influência dos prémios, do marketing, da região de origem e da qualidade do vinho na reputação não são imediatas, daí que sejam conjugadas, na fórmula, com um <i>delay</i> .
Wine Reputation Time	Constante definida pelo utilizador	<i>Delay</i> (número de meses necessários para que a reputação do vinho tenha efeito no seu preço)
Influence of Awards on Reputation	"% of Awards Influence"*Awards	Esta variável depende da percentagem de importância que o utilizador definir para a influência dos prémios na reputação do vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Awards</i> .
Awards	Constante definida pelo utilizador	Variável representada por uma escala de <i>Likert</i> (de 1 a 5, onde 1 representa um prémio muito pouco premiado e 5 um prémio muito premiado).
% of Awards Influence	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância dos prémios na reputação do vinho.
Award Time	Constante definida pelo utilizador	<i>Delay</i> (número de meses necessários para que os prémios ganhos tenham efeito na reputação do vinho).
Influence of Marketing on Reputation	"% of Marketing Impact on Reputation"*Marketing Impact	Esta variável depende da percentagem de importância que o utilizador definir para o Marketing na reputação do vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Marketing Impact</i> .
Marketing Impact	Constante definida pelo utilizador	Variável representada por uma escala de <i>Likert</i> (de 1 a 5, onde 1 representa muito pouco marketing relativo ao vinho e 5 representa muito marketing em torno do vinho).
% of marketing impact on Reputation	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância do marketing na reputação do vinho.
Marketing Time	Constante definida pelo utilizador	<i>Delay</i> (número de meses necessários para que o marketing tenha efeito na reputação do vinho).

Region of Origin Time	Constante definida pelo utilizador	<i>Delay</i> (número de meses necessários para que a Região de Origem tenha efeito na reputação do vinho).
Wine Quality Time	Constante definida pelo utilizador	<i>Delay</i> (número de meses necessários para que a qualidade do vinho tenha efeito na sua reputação).
Influence of Region of Origin on Reputation	"% of Influence of Region of Origin on Reputation"* <i>Region of Origin</i>	Esta variável depende da percentagem de importância que o utilizador definir para a Região de Origem na reputação do vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Region of Origin</i> .
Influence of Wine Quality on Reputation	<i>Wine Quality</i> *"% Of Influence of Wine Quality on Wine Reputation"	Esta variável depende da percentagem de importância que o utilizador definir para a qualidade do vinho na reputação do vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Wine Quality</i> .
% Of Influence of Wine Quality on Wine Reputation	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância da qualidade do vinho na sua reputação.
% of Influence of Region of Origin on Reputation	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância da Região de Origem na reputação do vinho.
Region of Origin	Constante definida pelo utilizador	Variável representada por uma escala de <i>Likert</i> (de 1 a 5, onde 1 significa que a região de origem é muito pouco valorizada e 5 que a região de origem é muito valorizada).
Wine Quality	$(SMOOTH3(Influence\ of\ Climate\ Conditions\ on\ Quality,\ Climate\ Conditions\ Time)\ +\ SMOOTH3(Influence\ of\ Soil\ on\ Quality,\ Soil\ Time)\ +\ Influence\ of\ Harvest\ Year\ on\ Quality\ +\ SMOOTH3(Influence\ of\ Innovation\ and\ Technology\ on\ Quality,\ Innovation\ Time)\ +\ Influence\ of\ Region\ of\ Origin\ on\ Quality)\ /5$	Todas as variáveis que influenciam a <i>Wine Quality</i> são caracterizadas por via de uma escala de <i>Likert</i> , neste contexto, e por uma questão de coerência, também a variável em causa deve ser caracterizada da mesma forma, daí que tenha de ser dividida pelo número de variáveis em causa (5), considerou-se ainda que a influência das condições climáticas, do solo e da inovação e tecnologia não são imediatas, daí que sejam conjugadas, na fórmula, com um <i>delay</i> .
% of influence of Region of Origin on Wine Quality	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância da Região de Origem na qualidade do vinho.
Influence of Region of Origin on Quality	"% of influence of Region of Origin on Wine Quality"* <i>Region of Origin</i>	Depende da percentagem de importância que o utilizador definir para a Região de origem na qualidade vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Region of Origin</i> .
% of Innovation and Technology Influence	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância da Inovação e tecnologia na qualidade do vinho.

<i>Innovation and Technology</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável representada por uma escala de <i>Likert</i> (varia de 1 a 5, onde 1 significa que há muito pouco investimento em inovação e tecnologia e 5 significa que há muito investimento nesta área).
<i>Innovation Time</i>	Constante definida pelo utilizador	<i>Delay</i> (número de meses necessários para que o investimento em inovação e tecnologia tenha efeito na qualidade do vinho).
<i>Influence of Innovation and Technology on Quality</i>	"% of Innovation and Technology Influence"* <i>Innovation and Technology</i>	Depende da percentagem de importância que o utilizador definir para a Inovação e tecnologia na qualidade vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Innovation and Technology</i> .
<i>% of Climate Conditions Influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância das condições climáticas na qualidade do vinho.
<i>Climate Conditions</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável representada por uma escala de <i>Likert</i> (varia de 1 a 5, onde 1 significa que as condições climáticas no ano em análise foram muito desfavoráveis e 5 significa que foram muito favoráveis).
<i>Influence of Climate Conditions on Quality</i>	<i>Climate Conditions</i> *"% of Climate Conditions Influence"	Depende da percentagem de importância que o utilizador definir para as condições climáticas na qualidade vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Climate Conditions Influence</i> .
<i>Climate Conditions Time</i>	Constante definida pelo utilizador	<i>Delay</i> (número de meses necessários para as condições climáticas tenham efeitos na qualidade do vinho).
<i>% of Harvest Year Influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância do ano de colheita na qualidade do vinho.
<i>Harvest Year</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável representada por uma escala de <i>Likert</i> (varia de 1 a 5, onde 1 significa que o ano de colheita foi muito fraco e 5 que foi muito bom).
<i>Influence of Harvest Year on Quality</i>	<i>% of Harvest Year Influence</i> * <i>Harvest Year</i>	Depende da percentagem de importância que o utilizador definir para o ano de colheita na qualidade vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Harvest Year</i> .
<i>% of Soil Influence</i>	Constante definida pelo utilizador	Varia consoante o peso que cada produtor/especialista da área defina para a importância das características do solo na qualidade do vinho.
<i>Soil</i>	Constante definida pelo utilizador	Variável representada por uma escala de <i>Likert</i> (varia de 1 a 5, onde 1 significa que as características do solo são muito fracas e 5 que são muito boas).

<i>Influence of Soil on Quality</i>	<i>% of Soil Influence*Soil</i>	Depende da percentagem de importância que o utilizador definir para as características do solo na qualidade do vinho e do valor que for atribuído à variável <i>Soil</i>
<i>Soil Time</i>	Constante definida pelo utilizador	<i>Delay</i> (número de meses necessários para as características do solo tenham efeitos na qualidade do vinho).

Tabela 4 - Detalhe dos stocks do modelo. Fonte própria

STOCK	EQUAÇÃO	COMENTÁRIOS
<i>Wine Stocks (I)</i>	<i>"Wine Production (I)" - "Wine Sales (I)"</i>	O stock de cada empresa é, de uma forma simplificada, dado pela produção que não é vendida.

3.3.6. Diagrama *Stock-Flow*

A construção do modelo começou pela clarificação do submodelo de produção e venda de vinho, representado na Figura 8. De acordo com esta figura, a variável de entrada deste submodelo é a produção de vinho (em litros), que é dada em função da área cultivada e da produção de vinho por hectare. Por outro lado, a variável de saída é representada pelas vendas de vinho (em litros), que depende da capacidade de vendas de cada empresa, ou seja, mesmo que a produção de vinho seja de, por exemplo, um milhão de litros, se a empresa não tiver capacidade de venda ou de armazenamento para a produção desse ano, as vendas serão inferiores à produção de vinho. Este submodelo representa ainda o nível de stock de vinho, medido em litros, que é representado de uma forma simplificada pela diferença entre o vinho produzido e o vinho vendido.

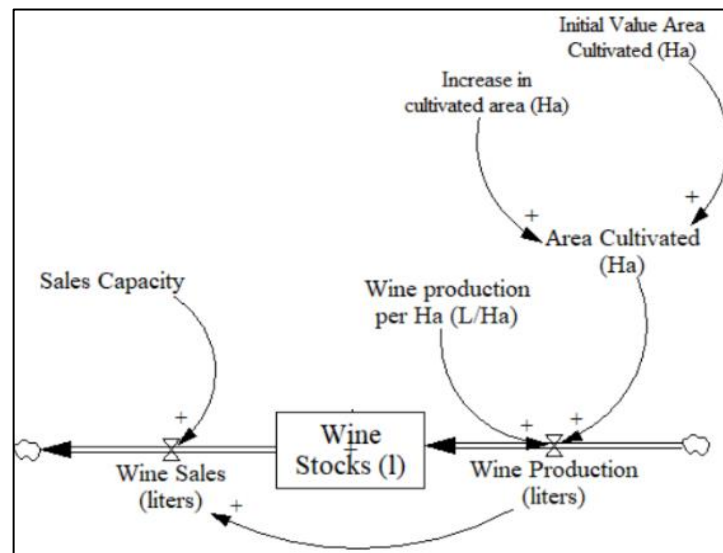


Figura 8 - Submodelo de produção e venda de vinho

Outro submodelo importante no resultado final, é o que diz respeito aos custos envolvidos na produção e comercialização de vinho. Assim sendo, o submodelo de custos, representado na Figura 9, aglomera todos os custos, por litro de vinho, envolvidos no processo e que são definidos pelos utilizadores, consoante a realidade das suas empresas. Assume-se, no modelo, que todos os custos específicos não discriminados estão incluídos nos custos de produção. Este submodelo adquire uma grande importância no seio do modelo final, uma vez que já entra em linha de conta com as variáveis Preço do Vinho e Lucro. Como pode ver-se, o preço do vinho está dependente não só dos custos envolvidos, mas também da margem do produtor e da reputação adquirida do vinho.

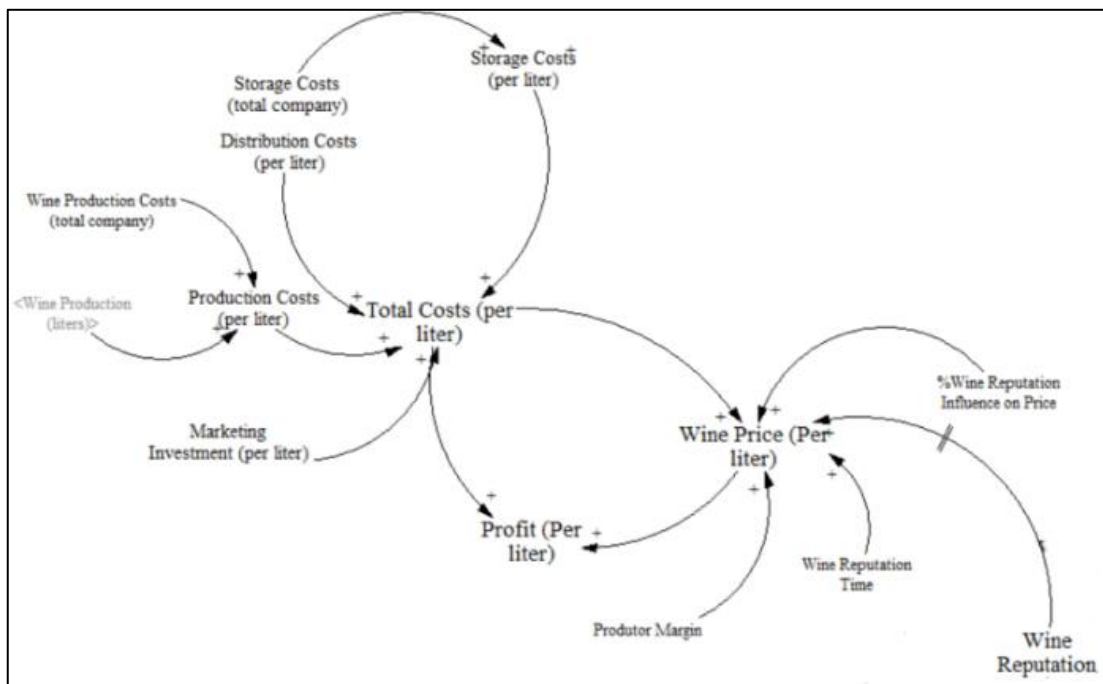


Figura 9 - Submodelo representativo dos custos da produção de vinho

De seguida, apresenta-se, na Figura 10, o submodelo que representa as variáveis Reputação do Vinho e Qualidade do Vinho, bem como os parâmetros que as podem influenciar. Conforme já foi dito, pretende-se que este modelo seja ajustável à realidade de cada empresa, e que cada gestor ou especialista da área determine a importância que certos fatores, como por exemplo o solo, têm na qualidade do vinho e consequentemente no seu preço.

De acordo com o que foi apresentado no subcapítulo 3.3.2, considerou-se que a reputação do vinho é uma característica importante para a definição do seu preço e depende da qualidade percebida pelos consumidores, neste sentido é possível observar esta dependência na Figura 10. A qualidade do vinho, além de depender de características objetivas como as condições climáticas, as condições de solo e o ano de colheita, depende também de fatores como a região de origem e pode ainda ser influenciada pela tecnologia e inovação com que o vinho é produzido.

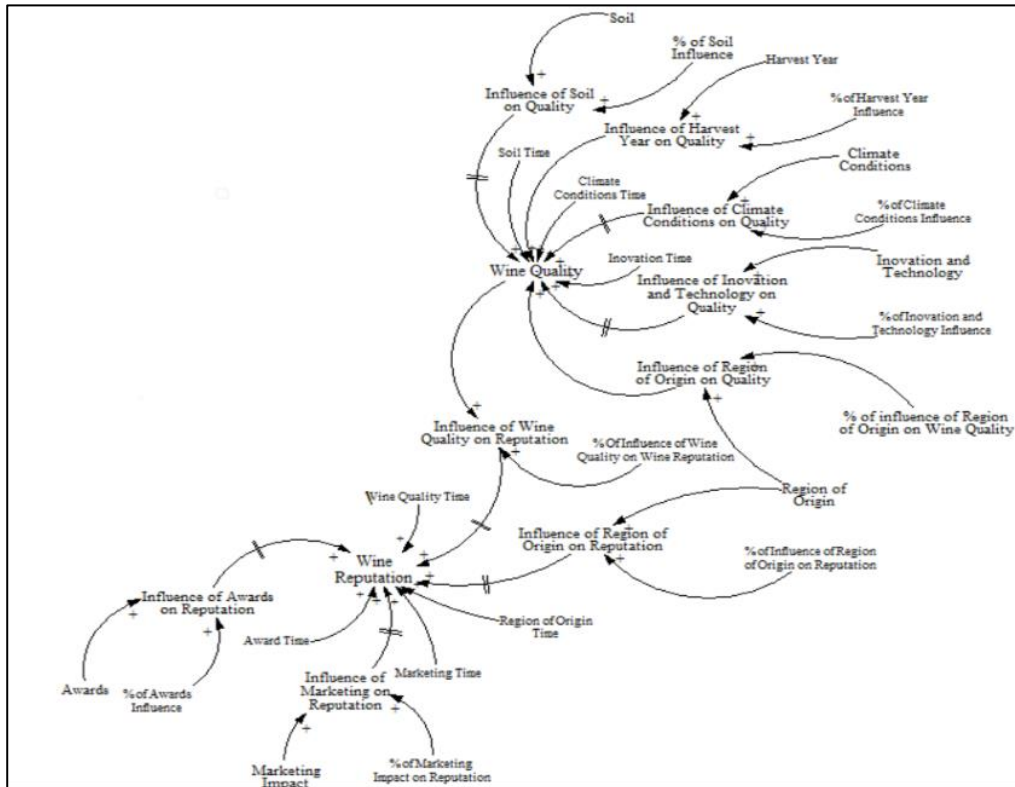
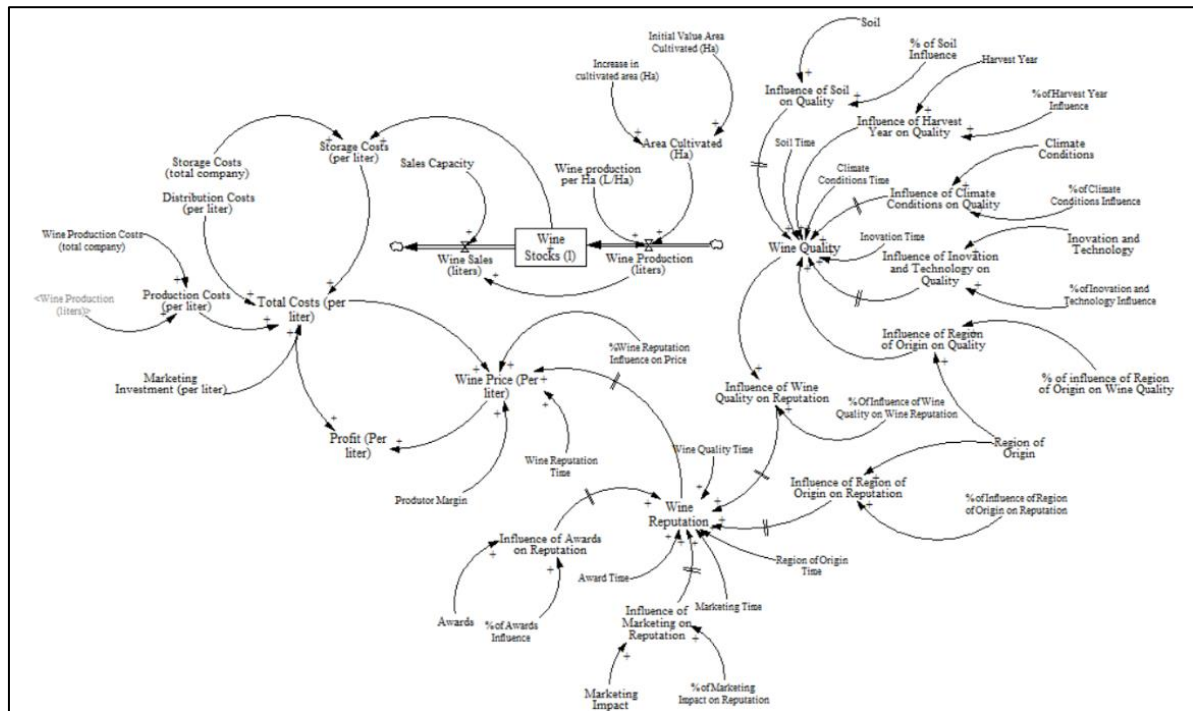


Figura 10 - Submodelo representativo da reputação e qualidade do vinho

A junção dos submodelos apresentados culminou no modelo final, representado na Figura 11. Nesta figura, podemos então ver a interligação de todas as variáveis do modelo e a forma como cada uma influencia o preço do vinho.

Neste seguimento, pode verificar-se uma influência direta no preço do vinho dos custos totais da sua produção (por litro de vinho produzido), da margem de lucro aplicada pelo produtor e da reputação que o vinho tem junto dos consumidores. Relativamente à reputação do vinho, esta é uma variável que, pelas suas características subjetivas, é avaliada consoante cada caso particular, ou seja, o utilizador do modelo define qual é a percentagem de importância que a reputação tem no produto que está a produzir, assim como o tempo que o consumidor demora a perceber essa mesma reputação. Assim, por exemplo, se estivermos a falar de um vinho de reserva *premium*, a variável *%Wine Reputation Influence on Price* poderá ter um valor superior comparativamente ao valor da mesma variável se estivermos a analisar um vinho de mesa consumido, habitualmente, no quotidiano.

Na Figura 11, consegue ainda verificar-se quais as variáveis que influenciam indiretamente o preço do vinho, por intermédio das relações que mantêm com as variáveis diretamente ligadas ao preço do vinho.

Figura 11 - Diagrama de *Stock-flow*

3.4. Outputs do sistema de apoio à decisão

Esta ferramenta é totalmente parametrizada pelo utilizador. Assim, as variáveis percentuais variam entre 0 e 1, sendo responsabilidade do utilizador defini-las, consoante a visão que a empresa tem e a estratégia que pretende seguir durante o período de tempo definido.

As variáveis condicionadas à escala de *Likert* variam entre 1 e 5, sendo que 1 significa “Muito Mau” e 5 “Muito Bom”, sendo a escala ajustada a cada variável, consoante já foi clarificado. Ou seja, se o utilizador considerar que, por exemplo, o solo tem uma influência de 20% na qualidade do vinho, define este parâmetro (*% of soil influence = 0.2*), adicionalmente se considerar que o solo onde as suas vinhas estão plantadas tem boas características, define que *Soil = 4*. Como mostra a Figura 12, esta parametrização é rápida e intuitiva.

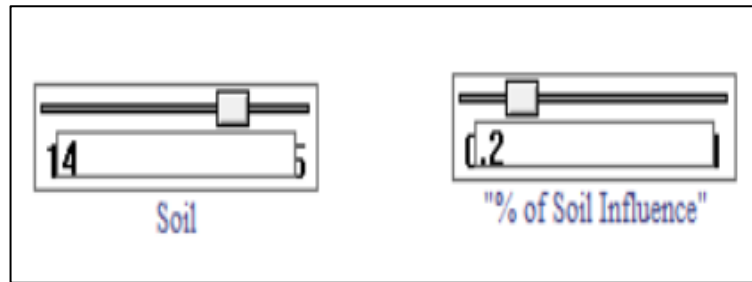


Figura 12 - Exemplo de parametrização do modelo (Solo)

Por uma questão de segurança e para mitigar resultados sem sentido, estas caixas de parametrização têm limites inferiores e superiores limitados. Neste contexto, as caixas relativas às variáveis percentuais estão limitadas pelos valores 0 e 1 (sendo que podem variar em intervalos de 0.01) e as relativas às variáveis condicionadas à escala de *likert* são limitadas pelos valores 1 e 5 (variando em intervalos de uma unidade).

Neste seguimento, a Figura 13 mostra a *view 2* do modelo, onde estão representados todos os comandos que podem ser alterados e controlados pelo utilizador. Nesta figura estão também presentes os comandos que permitem ao utilizador definir o tempo de resposta dos consumidores a alguma das variáveis, como por exemplo a reputação do vinho ou o tempo que o investimento e inovação demoram para surtir efeito no preço do vinho, estas variáveis estão limitadas a 24 meses, pois foi este o limite temporal definido para o modelo.

Salienta-se ainda a parametrização das variáveis *Wine Production per Ha (L/Ha)* e *Increase in cultivated área (Ha)*, ambas são também dependentes da realidade de cada empresa, estão compreendidas no modelo, respetivamente, entre os seguintes valores 1.800 L/Ha e 45.000 L/Ha e 0 Ha e 300 Ha. Não obstante, os valores podem ser ajustados caso se revele necessário.

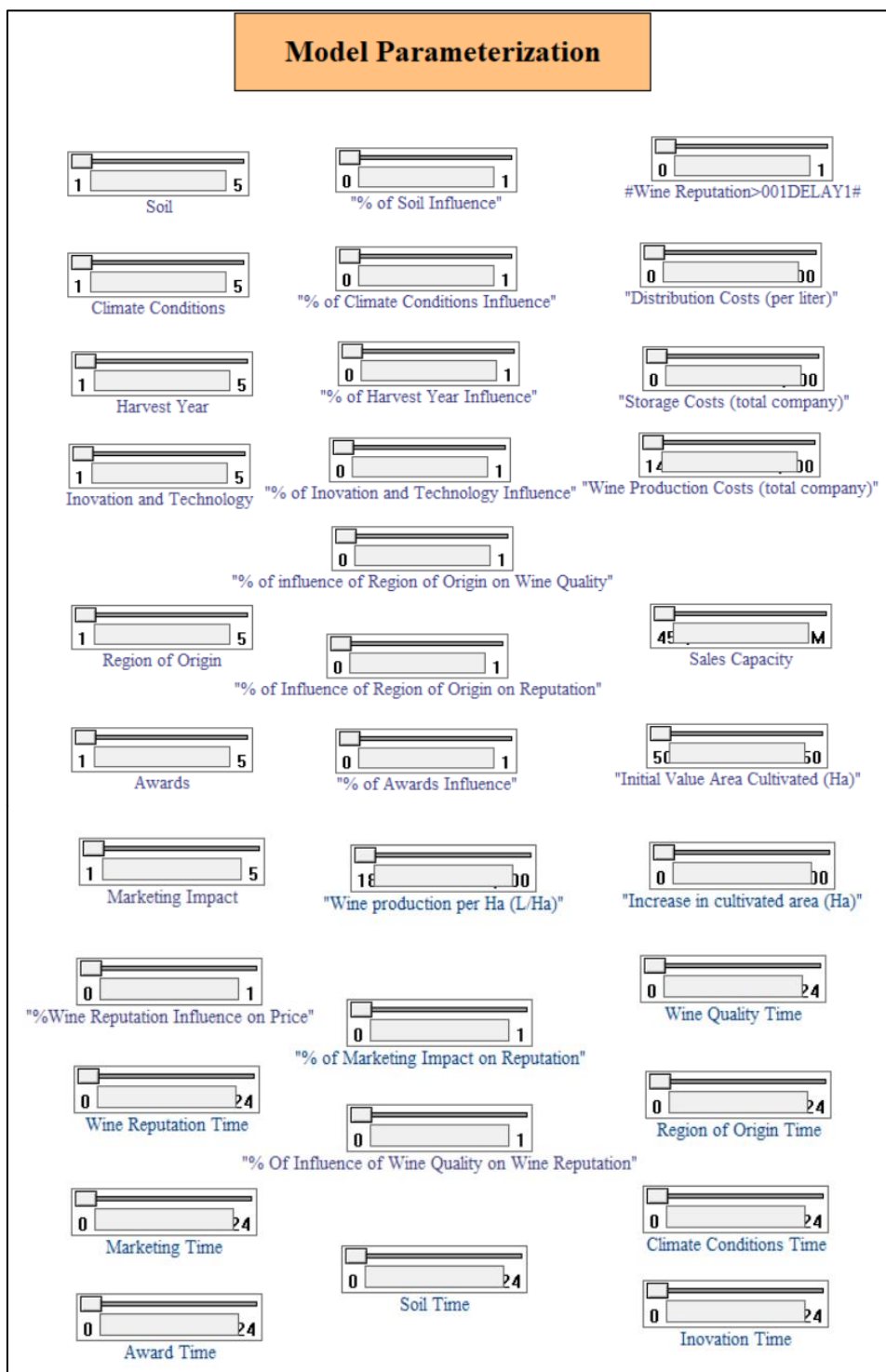


Figura 13 - Parametrização do modelo

Não obstante a parametrização de todas estas variáveis, o utilizador pode ver, em tempo real quais os impactos destas variações no modelo, dada a existência de gráficos dinâmicos que variam imediatamente, consoante as alterações que o utilizador introduza, conforme se ilustra na Figura 14. No caso de o utilizador utilizar este output chama-se a atenção para o facto de que as variáveis não são limitadas nem inferior nem superiormente, pelo que no momento em que o utilizador as faz variar tem de estar consciente de que as variáveis percentuais variam entre 0 e 1 e assim sucessivamente.

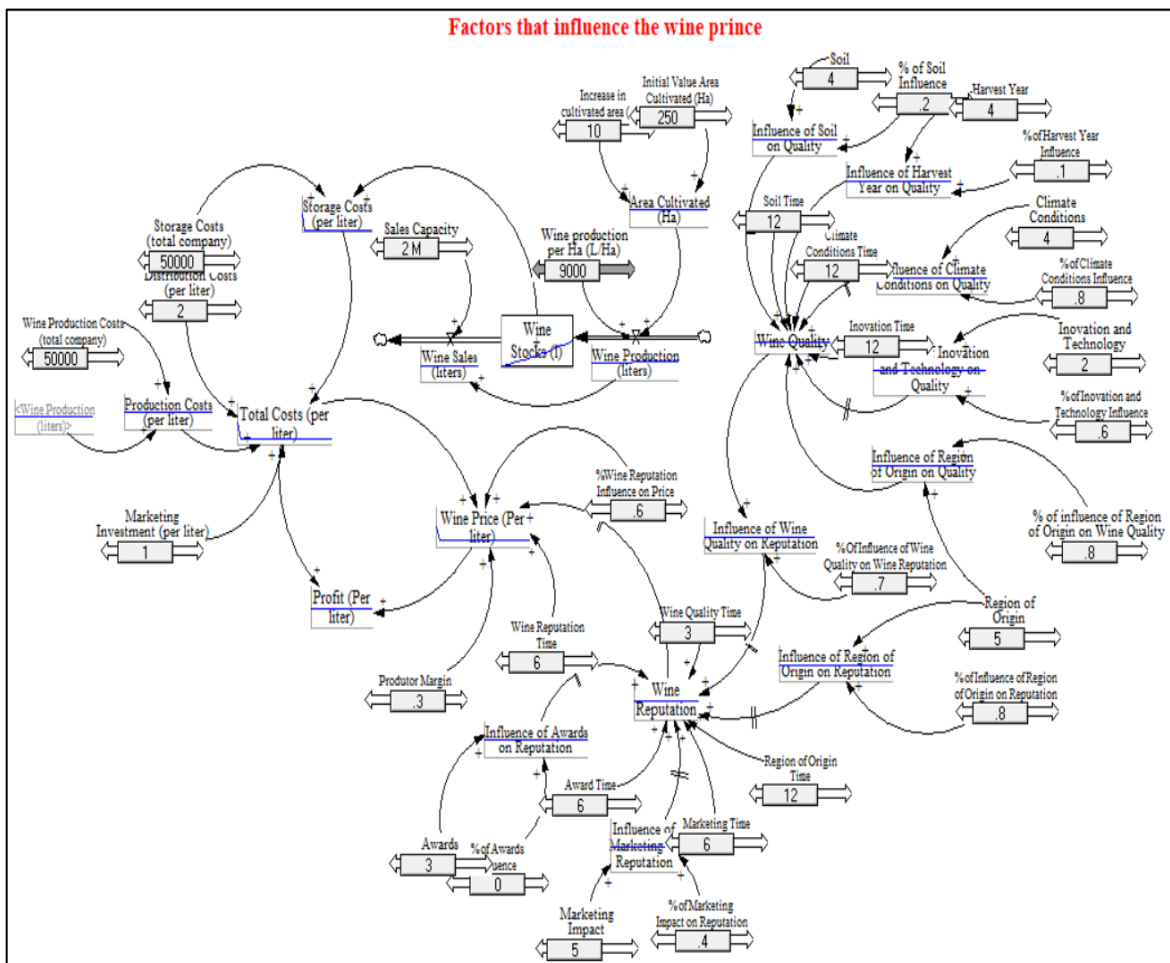


Figura 14 - Gráficos dinâmicos do modelo

De forma a tornar mais clara a interpretação dos resultados do modelo, a ferramenta também disponibiliza os gráficos das variáveis que o utilizador pretende analisar, como se mostra na Figura 15. Estes gráficos estão visíveis na View 2 do modelo, juntamente com os botões destinados à parametrização do modelo, assim o utilizador tem acesso aos gráficos que foram considerados mais úteis. Contudo, caso o utilizador pretenda criar um novo gráfico de uma outra variável, pode fazê-lo clicando na variável cujo gráfico pretende e, logo de seguida, pressionando a opção *Graph* disponibilizada pelo software.

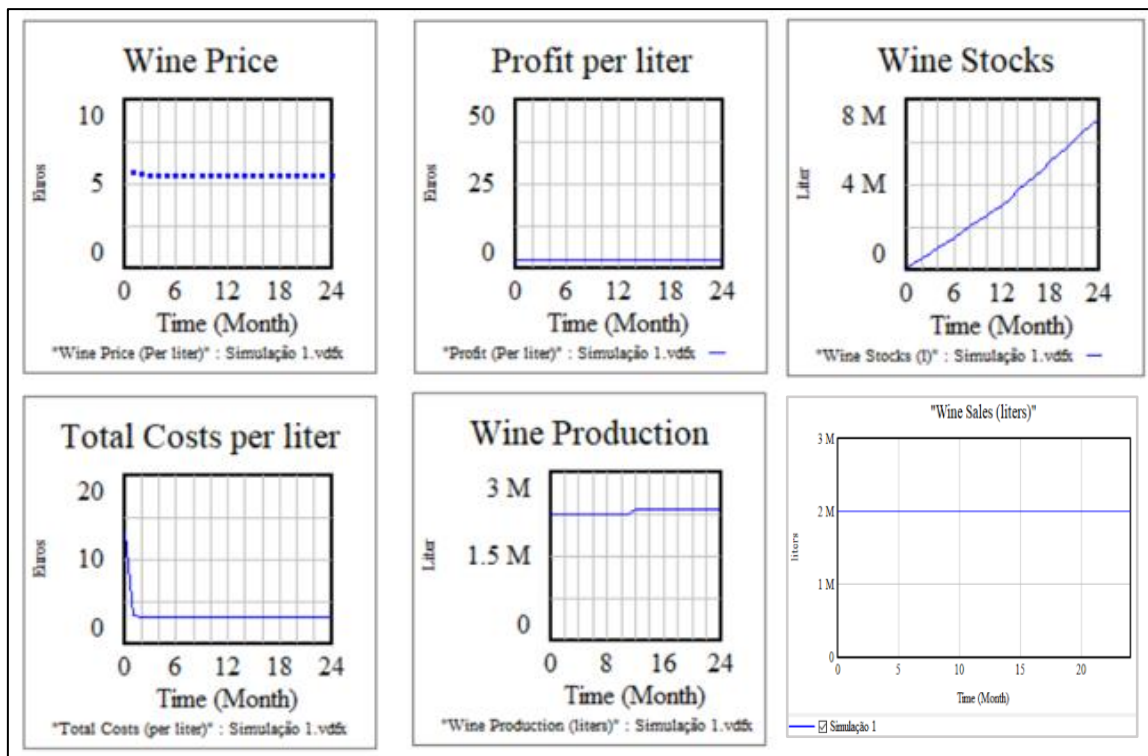


Figura 15 - Gráficos disponibilizados pelo modelo

A Figura 16 representa exatamente a mesma informação disponibilizada pelos gráficos da Figura 15, mas de uma forma mais detalhada e visualmente diferente. Assim esta figura apresenta os dados em forma de tabela, para que o utilizador consiga saber qual o valor exato da variável em cada mês de estudo.

Time (Month)	"Wine Price (Per liter)"	"Wine Price (Per liter)"	Time (Month)	"Total Costs (per liter)"	"Total Costs (per liter)"
0		13.8222	0		12.5222
1	Runs:	4.0183	1	Runs:	2.7183
2	Simulação	3.92123	2	Simulação	2.62123
3	base	3.88845	3	base	2.58845
4		3.87197	4		2.57197
5		3.86206	5		2.56206
6		3.85544	6		2.55544
7		3.85071	7		2.55071
8		3.84716	8		2.54716
9		3.8444	9		2.5444
10		3.84218	10		2.54218
11		3.84037	11		2.54037
12		3.83801	12		2.53801
13		3.83632	13		2.53632
14		3.83494	14		2.53494
15		3.83379	15		2.53379
16		3.83282	16		2.53282
17		3.83199	17		2.53199
18		3.83128	18		2.53128
19		3.83065	19		2.53065
20		3.8301	20		2.5301
21		3.82961	21		2.52961
22		3.82917	22		2.52917
23		3.82878	23		2.52878
24		3.82842	24		2.52842

Figura 16 - Tabelas disponibilizadas pelo modelo

Por último, outro output útil que a ferramenta permite é a elaboração de diagramas de árvore (*tree diagram*) que permitem criar uma representação gráfica da estrutura de um modelo associado à variável escolhida pelo utilizador. Com a elaboração de um *tree diagram* para uma determinada variável, é então possível visualizar as suas relações estruturais (e não os resultados das simulações), exibindo de forma clara informações sobre a estrutura. Estes diagramas podem ser de causas, onde se visualizam todas as variáveis que influenciam outras, como é o caso da Figura 17, onde se vê quais as variáveis que influenciam o preço do vinho e os custos totais, respetivamente.

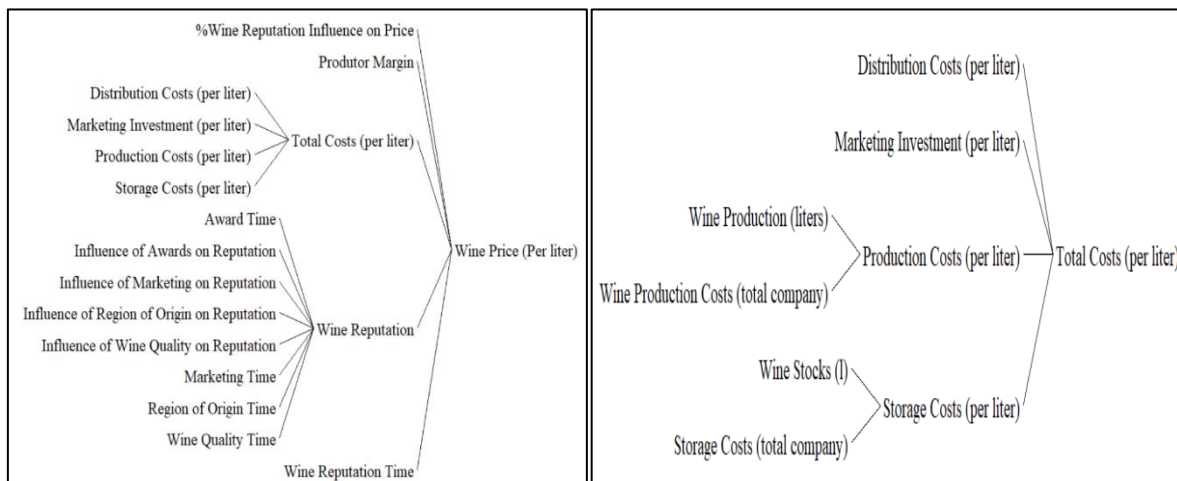


Figura 17 - Causes Tree das variáveis Wine Price e Total Costs

Os diagramas podem também ser de usos, como evidencia a Figura 18, onde se consegue visualizar que variáveis é que a variável em estudo tem influência. Nesta figura vê-se que o preço do vinho apenas influencia o lucro e que os custos totais influenciam o lucro e o preço do vinho, respetivamente.

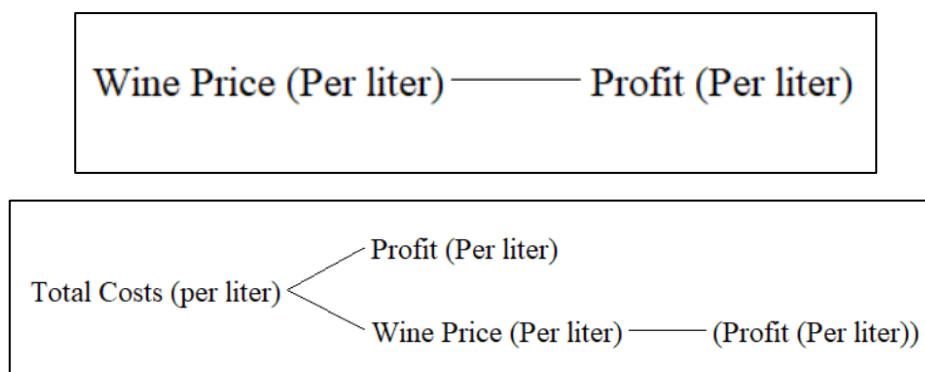


Figura 18 - Uses Tree das variáveis Wine Price e Total Costs

3.5. Considerações Finais

De uma forma sucinta, considera-se que o modelo cumpre o propósito para o qual foi pensado, sendo uma ferramenta intuitiva e totalmente parametrizável pelo utilizador.

Deste modo, chama-se a atenção para o facto de que o modelo deve ser utilizado de uma forma segmentada, mesmo no seio de cada empresa. Ou seja, o modelo conduz a melhores resultados

quando o utilizador está a avaliar uma marca e um tipo de vinho em particular, pois, desta forma, pode analisar de uma forma mais concreta e fiel a influência das diferentes variáveis do modelo. Efetivamente, o mesmo produtor de vinho pode ser responsável por produzir um vinho que é premiado e outro que não, pode ainda produzir vinhos em diferentes regiões de origem e, conseqüentemente, esses vinhos terem associadas diferentes condições de clima e solo. Não obstante, o investimento em marketing varia consoante os vinhos e não consoante o produtor, assim como os custos associados. Por estes motivos, o utilizador da ferramenta deve utiliza-la como auxílio para definir a estratégia da empresa para um tipo de vinho e não para todos em simultâneo.

O horizonte temporal inicial do modelo é de vinte e quatro meses, contudo alguns parâmetros como a *Wine Reputation time*, *Marketing Time*, *Wine Quality Time*, *Region of Origin Time*, *Inovation Time*, *Climate Conditions Time*, *Soil Time* que traduzem o tempo, em meses, em que as variáveis que lhes estão associadas demoram a surtir efeito podem precisar de um horizonte temporal superior.

Salienta-se ainda que se assume, no modelo, que as empresas produzem toda a uva necessária para a produção expectável o que, em muitos casos, não acontece. Efetivamente, algumas empresas, quer por não terem área suficiente para cultivar, quer porque faça parte da sua estratégia, retirando da compra a terceiros maiores benefícios, vêm necessidade de recorrer à compra de matéria prima a terceiros.

4. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

4.1. Trabalho realizado

O objetivo fundamental deste trabalho foi o de estudar e desenvolver um sistema de apoio à decisão, baseado na dinâmica de sistemas, que permitisse, de uma forma intuitiva, rápida e genérica auxiliar os produtores e gestores que operam no setor vinícola a definir estratégias de atuação e resposta à variação dos vários fatores que influenciam o preço, a produção e a qualidade do vinho, permitindo a cada utilizador testar os impactos das suas decisões e estratégias no preço e nos lucros auferidos. Não obstante, como se pretendia que o modelo fosse utilizado por todos os utilizadores, mesmo aqueles que não detivessem conhecimentos técnicos para suportar a utilização da ferramenta, houve uma preocupação considerável com a componente visual, para que o uso da ferramenta fosse acessível.

A forte convicção de que o modelo deveria ser útil aos produtores e gestores de empresas vinícolas fez com que fossem entrevistadas várias pessoas que operam no ramo, para darem o seu contributo prático e ajudar a construir a ferramenta de apoio.

Na sequência da realização desta dissertação foi, no âmbito da dinâmica de sistemas e do software *Vensim*, desenvolvido um modelo que reúne os principais fatores que influenciam o preço do vinho de forma a que o utilizador, após cada simulação, seja capaz de analisar a evolução e comportamento do modelo, estudando os gráficos e tabelas disponibilizadas pela ferramenta e, assim, optar pela estratégia que, na sua ótica, será a melhor para alcançar os objetivos pretendidos pela respetiva empresa.

A construção desta ferramenta e de todo o estudo prévio ao seu desenvolvimento têm a finalidade de dotar os utilizadores de facilidades gráficas e visuais que lhes permitam escolher uma estratégia que vá ao encontro do lucro que pretendem obter, quer por via da redução de custos, quer por via do aumento da sua margem de lucro, conjugando estas com a reputação que o vinho em causa tem junto dos seus consumidores.

4.2. Contributos técnicos e científicos

A Indústria 4.0 e a sua aplicabilidade a vários setores é inegável e inevitável. No caso particular do setor vinícola as ferramentas inerentes à quarta revolução industrial promovem o incremento de ganhos de eficiência e vantagens competitivas, muito importantes no seio deste setor tão tradicional e que conta com séculos de história. A utilização de modelos baseados em simulação dinâmica para auxiliar na resolução de problemas inerentes ao setor põe ainda mais em evidência esta valia que a indústria 4.0 acarreta.

A elaboração deste trabalho contribui assim para enaltecer a importância da utilização das ferramentas 4.0 no setor vinícola. Efetivamente, no âmbito da realização desta dissertação, foi submetido um artigo científico – *The Importance of Industry 4.0 in the Wine Production Sector and*

in *Enotourism* – que será apresentado na *International Conference on Tourism Technology and Systems 2020* (<https://www.icotts.org/>) e publicado como um capítulo de um livro da Springer.

Nestas circunstâncias, espera-se que o trabalho e os seus resultados continuem a revelar-se interessantes no seio da comunidade científica, concretizando-se através da produção de artigos científicos e sua respetiva apresentação em conferências.

4.3. Dificuldades encontradas

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho surgiram alguns obstáculos inerentes à evolução da construção da ferramenta de apoio à decisão. Assim, numa primeira instância destaca-se o desconhecimento da autora pelo software escolhido para criar o modelo, o *Vensim*. Apesar de este ser um software amplamente divulgado e utilizado no âmbito da dinâmica de sistemas, a falta de conhecimento pelo mesmo obrigou a um maior esforço e constante consulta dos manuais técnicos para resolver e ultrapassar os problemas encontrados.

Não obstante, outra dificuldade encontrada ao longo da jornada foi a definição das relações quantitativas das variáveis qualitativas que caracterizam o mercado da compra e venda de vinho.

Por último, destacam-se também as consequências da pandemia provocada pela Covid-19, que afetou consideravelmente a realização das entrevistas, pensadas para serem efetuadas presencialmente, e que, fruto do contexto, tiveram de ser adiadas e realizadas por intermédio de plataformas digitais, nomeadamente o *Teams*, *Skype* ou *Zoom*.

4.4. Limitações do modelo e trabalho futuro

Fruto do contexto académico em que esta dissertação se insere, é natural que estejam inerentes a este projeto algumas limitações e que o trabalho até aqui desenvolvido não possa ser dado como terminado.

Neste contexto, são apontadas as seguintes limitações ao trabalho:

- Os resultados do modelo são influenciados pelo grau de conhecimento que o utilizador tem do mercado e dos consumidores do produto, uma vez que a definição de alguns parâmetros é feita numa base percentual, conferindo, deste modo, alguma subjetividade ao modelo.
- O modelo não entra em linha de conta com a evolução do comportamento dos principais produtos concorrentes do vinho, como é o caso da cerveja, espumantes e licores.
- O modelo não abrange os casos em que as empresas produtoras de vinho recorram à compra de matéria prima (nomeadamente as uvas) a terceiros.

Por outro lado, esta proposta de dissertação abre espaço ao desenvolvimento de trabalhos e soluções futuras, como é o caso das propostas enunciadas abaixo:

- Ultrapassar as limitações apontadas anteriormente, de forma a obter um modelo o mais fiel possível ao sistema real.
- Realizar novas entrevistas com empresas que operam no setor em estudo, a fim de perceber se a ferramenta construída tem utilidade prática na gestão da empresa, e se produz resultados úteis para estas.

- Integrar esta solução com outras ferramentas da indústria 4.0, nomeadamente a conjugação dos sensores e análise de *big data* para obter dados reais sobre a qualidade do solo e clima e transpor esses dados para o modelo, traduzindo quantitativamente a relação destas variáveis com o preço do vinho.
- Transposição do modelo desenvolvido para setores de atividade semelhante, aproveitando assim sinergias e os trabalhos já desenvolvidos no software *Vensim*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agro.Ges - Sociedade de Estudos e Projetos. (2012). *Plano Estratégico para a Internacionalização do Setor dos Vinhos de Portugal*. ViniPortugal. Disponível na Internet: <https://www.viniportugal.pt/ficheiros/promocaoInternacional/estrategia-internacionalizacao-vinhos-de-portugal.pdf>. (Acedido em jan. 09, 2020).
- 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), 503.
- Amaral, J. D. (1994). *O Grande Livro do Vinho*. ISBN: 972-42-0973-3 Círculo de Leitores.
- Annosi, M. C., Brunetta, F., Monti, A., & Nati, F. (2019). Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs. *Computers in Industry*, 109, 59–71.
- Aracil, J. (1995). *Publicaciones de Ingeniería de Sistemas: Dinámica de sistemas*. ISBN: 84-68338 Isdefe.
- Ardakani, D. A., & Eslamieh, V. (2016). Designing the green new product development model: system dynamics approach (case study: small and medium food industries in Iran). *Proceedings of the 34th International Conference of the System Dynamics Society* Delft, Netherlands, jul 17-21, 2016*, 3(2), 54–67.
- Bagheri, B., Yang, S., Kao, H. A., & Lee, J. (2015). Cyber-physical systems architecture for self-aware machines in industry 4.0 environment. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1622–1627.
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13).
- Balkan, B. A., & Meral, S. (2017). Olive Oil Industry Dynamics: The Case of Turkey. In *Proceeding of the 35th International Conference of the System Dynamics Society* (pp. 1-26).
- Banco de Portugal. (2019). *Nota de Informação Estatística - Análise das empresas da indústria das bebidas 2017*. Banco de Portugal. Disponível na Internet: <https://www.bportugal.pt/comunicado/nota-de-informacao-estatistica-analise-das-empresas-da-industria-das-bebidas-2017>. (Acedido em jan. 22, 2020)
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252.
- Bernetti, I., Menghini, S., Marinelli, N., Sacchelli, S., & Sottini, V. A. (2012). Assessment of climate change impact on viticulture: Economic evaluations and adaptation strategies analysis for the Tuscan wine sector. *Wine Economics and Policy*, 1(1), 73–86.
- Bertram, D. (2017). Likert Scales are the meaning of life. Disponível na Internet: pointcare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf. (Acedido em jan. 01, 2020).
- Bisson, L. F., Waterhouse, A. L., Ebeler, S. E., Walker, M. A., & Lapsley, J. T. (2002). The present and future of the international wine industry. *Nature Publishing Group*, 418(6898), 696–699.
- Bivona, E. (1998). Applying System Dynamics to the management of a Small Firm A Case of Study in wine industry. Em *16º International System Dynamics Conference, Quebec*.

- Bodin, F., & Morlat, R. (2006). Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth I. Validation of the water supply regime, phenology and vine vigour, in the Anjou vineyard (France). *Plant and Soil*, 281(1–2), 37–54.
- Bonneau, V., Copigneaux, B., Probst, L., & Pedersen, B. (2017). Industry 4.0 in Agriculture: Focus on IoT aspects. *Directorate-General Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International journal of mechanical, industrial science and engineering*, 8(1), 37-44.
- Carey, V. A. (2001). Spatial characterisation of natural terroir units for viticulture in the Bottelaryberg-Simonsberg-Helderberg winegrowing area (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- Charters, S. (2006). The contemporary wine consumer: The social and cultural context of a drink Wine & Society.
- Chester, J., Cooper, J. F. S., & Cavana, R. Y. A Dynamic Model for the New Zealand Wine Industry. Proceedings of the 29th Annual Conference of the Operational Research Society of New Zealand, 23-24 August 1993, University of Auckland, New Zealand.
- Chiu, Y. (2017). Water Consumption Impact under Climate and Population Scenarios. 35th International Conference of the System Dynamics Society and 60th Anniversary of System Dynamics Celebration. Cambridge, Massachusetts, USA Conference, 1–11.
- Clercq, M., Vats, A., & Biel, A. (2018). Agriculture 4.0: The future of farming technology. *Proceedings of the World Government Summit, Dubai, UAE*, 11-13.
- Corallo, A., Latino, M. E., & Menegoli, M. (2018). From industry 4.0 to agriculture 4.0: a framework to manage product data in agri-food supply chain for voluntary traceability. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 12(5), 146-150.
- Correia, A. B., Deus, P., & Baptista, J. R. (2016). Indústria 4.0: Construir a empresa digital. *PricewaterhouseCoopers Portugal*, 1, 1-30.
- Creswell, J. (2013). *Research Design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (International Student Edition) (4th ed.)*. ISBN: 978-1-4522-269-5 Thousand Oaks: Sage Publications.
- Currie, D. J., Smith, C., & Jagals, P. (2018). The application of system dynamics modelling to environmental health decision-making and policy - A scoping review. *BMC Public Health*, 18(1), 1–11.
- Deloitte (2016). *Indústria 4.0 | Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia*. Disponível em <https://www2.deloitte.com/pt/pt/pages/consumer-industrial-products/articles/industria-4-0-.html>. (Acedido em dez. 08, 2019).
- Dias, Maria João (2019). Fórum Anual Vinhos de Portugal Exportações. Instituto da Vinha e do Vinho (In Portuguese). Centro Cultural de Congressos Caldas da Rainha.
- Disney, S. M., Naim, M. M., & Towill, D. R. (1997). Dynamic simulation modelling for lean logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 27 No. 3/4, pp. 174-196.

- Duggan, J. (2016). An Introduction to System Dynamics. In *System Dynamics Modeling with R* (pp. 1–24).
- Eren Şenaras, A. (2017). Structure And Behavior in System Dynamics: A Case Study in Logistic. *Journal of Business Research - Turk*, 9(4), 321–340.
- 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*, 54(1), 13–18.
- European Commission. (2006). Council Regulation (EC) No. 510/2006 of 20 March 2006 on the protection of geographical indications and designations of origin for agricultural products and foodstuffs. *Em Official Journal L 93*, 12-25.
- Fernandes, J. R., Pereira, L., Jorge, P., Moreira, L., Gonçalves, H., Coelho, L., Alexandre, D., Eiras-Dias, J., Brazão, J., Clímaco, P., Baleiras-Couto, M., Catarino, S., Graça, A., & Martins-Lopes, P. (2015). Wine fingerprinting using a bio-geochemical approach. *BIO Web of Conferences* (Vol. 5, p. 02021). EDP Sciences.
- Ferreira, L. P., Gómez, E. A., Lourido, G. C. P., Quintas, J. D., & Tjahjono, B. (2012). 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, L. P., 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.
- Ferreira, L. P., Ares Gómez, E., Peláez Lourido, G., & Tjahjono, B. (2011, July). Optimization of a multiphase multiproduct production line based on virtual cells. *Em Lecture notes in engineering and computer science: Proceedings of the world congress on engineering (WCE2011), London* (pp. 6-8).
- Giffi, C. A., Rodriguez, M. D., Gangula, B., Roth, A. V., & Roth, A. V. (2016). Global manufacturing competitiveness index. *Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL) Global Consumer & Industrial Products Industry Group and the Council on Competitiveness*.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. Editora Atlas SA.
- Gilinsky, A., Newton, S. K., & Vega, R. F. (2016). Sustainability in the Global Wine Industry: Concepts and Cases. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8(1), 37-49.
- Goncharuk, A. G. (2017). The Challenges of Wine Business in Research. *Journal of Applied Management and Investments*, 6(4), 253–259.
- Graça, A. (2019). The MED-GOLD project: Advanced user-centric climate services for higher resilience and profitability in the grape and wine sector. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 12, p. 01005). EDP Sciences.
- Grunert, K. G. (2002). Current issues in the understanding of consumer food choice. *Trends in Food Science and Technology*, 13(8), 275–285.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Em 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)* (pp. 3928-3937). IEEE.
- Hjorth, P., & Bagheri, A. (2005). Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach. *Futures*, 38(1), 74–92.

- IAPMEI. (2020). *i4.0 Industria 4.0*. Disponível na Internet: <https://www.iapmei.pt/Paginas/Industria-4-0.aspx>. (Acedido em feb. 06, 2020).
- Infopédia (2003-2020). *Tratado de Methuen*. Porto Editora. Disponível na Internet: [https://www.infopedia.pt/\\$tratado-de-methuen](https://www.infopedia.pt/$tratado-de-methuen). (Acedido em feb. 06, 2020).
- Instituto da Vinha e do Vinho. (2018). *A Vinha e o Vinho em Portugal*. Disponível na Internet: <https://www.ivv.gov.pt/np4/47/>. (Acedido em feb. 04, 2020).
- Instituto Nacional de Estatística - Estatísticas Agrícolas: 2018. Lisboa: INE, 2019. Disponível na Internet: <https://www.ine.pt/xurl/pub/358629204>. (Acedido em feb. 04, 2020). ISSN 0079-4139. ISBN 978-989-25-0495-7.
- IVV (2018). *Dados estatísticos do sector vitivinícola*. Disponível na internet: <https://www.ivv.gov.pt/np4/estatistica/>. (Acedido em feb. 08, 2020).
- Javaid, M., & Haleem, P. A. (2019). Industry 4.0 applications in medical field: A brief review. *Current Medicine Research and Practice*, 9(3), 102-109.
- Jones, G. V., & Alves, F. (2012). Impact of climate change on wine production: A global overview and regional assessment in the douro valley of Portugal. *International Journal of Global Warming*, 4(3-4), 383-406.
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23–37.
- Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K. I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. Em *International Journal of Innovation Management*, 21(08), 1740015.
- Kovács, I., & Husti, I. (2018). The role of digitalization in the agricultural 4.0 – how to connect the industry 4.0 to agriculture? *Hungarian Agricultural Engineering*, (33), 38–42.
- Lockshin, L., Jarvis, W., d’Hauteville, F., & Perrouty, J. P. (2006). Using simulations from discrete choice experiments to measure consumer sensitivity to brand, region, price, and awards in wine choice. *Food Quality and Preference*, 17(3–4), 166–178.
- Lockshin, L., Rasmussen, M., & Cleary, F. (2000). The nature and roles of a wine brand. *Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 15(4), 17–24.
- Lopo, M., dos Santos, C. T., Páscoa, R. N. M. J., Graça, A. R., & Lopes, J. A. (2017). Near infrared spectroscopy as a tool for intensive mapping of vineyards soil. *Precision Agriculture*, 19(3), 445-462.
- Martins, L. (2018). Portugal - Flash Vinhos. Aicep Portugal Global. Disponível na internet: <https://www.portugalglobal.pt> (Acedido em feb. 04, 2020).
- Morgado, J. C. (2012). *O estudo de caso em investigação em educação*. ISBN: 978-989-8557-10-0 De Facto Editores.
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247.
- Mullins, M. D., Bouquet, A., Williams, L. E. (1992). *Biology of the Grapevine*. Cambridge University Press.

- Murshed, S. M., & Werner, U. (2016) A System dynamics approach to assess economic impacts of extreme winter storms in forestry. *Proceedings of the 34th International Conference of the System Dynamics Society**Delft, Netherlands, jul 17-21, 2016.
- Oczkowski, E. (2001). Hedonic wine price functions and measurement error. *Economic Record*, 77(239), 374–382.
- Oliveira, N., Duarte, D., Gonçalves, F., Costa, P., Vieira, S., Fontes, N., Prior, P., Graça, A., Figueira, M., Bilro, L., & Nogueira, R. (2017). Winegrid: the remote and real-time wine production process monitoring system. *40th World Congress of Vine and Wine, Sofia, Bulgaria, 29 mai - 02 jun 2017*.
- Ozdogan, B., Gacar, A., & Aktas, H. (2017). Digital Agriculture practices in the context of agriculture 4.0. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 4(2), 184–191.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Ribeiro, J. C., & Santos, J. D. F. (2008). Portuguese quality wine and the region-of-origin effect: consumers and retailers perceptions. Em *Núcleo de investigação em políticas Económicas Universidade do Minho*.
- Santos, J. F., & Ribeiro, J. C. (2005). Product Attribute Saliency and Region of Origin: Some Empirical Evidence From Portugal Product. Paper presented at the 99th seminar of the EAAE 'The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food system', Copenhagen, Denmark.
- Santos, M. Y., e Sá, J. O., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., Martinho, B., & Galvão, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37(6), 750–760.
- Santos, P., Ferreira, L. P., Dieguez, T., Tjahjono, B. (2019). Book Chapter: Supporting Strategic Management Decisions at a Casino using System Dynamics. Em: Martin Garcia, Juan (Ed.): Modeling and Simulating Business Dynamics. Selected Papers on System Dynamics Collection. pp.156-170. ISBN: 9781686997556 KDP Publishers
- Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (Fifth edit). ISBN: 9780273716860 Pearson Education Limited.
- Simons, S., Abé, P., & Naser, S. (2017). Learning in the AutFab – The Fully Automated Industrie 4.0 Learning Factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*, 9, 81–88.
- Sterman, J. D. (2002). System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Em *Massachusetts Institute of Technology Engineering Systems Division Working Paper Series*.
- Stock, T., Obenaus, M., Kunz, S., & Kohl, H. (2018). Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. *Process Safety and Environmental Protection*, 118, 254–267.
- Swaminathan, J. M., Smith, S. F., & Sadeh, N. M. (1998). Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach. *Decision Sciences*, 29(3), 607–632.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? *Procedia Manufacturing*, 13, 1175-1182.

- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233–238.
- Vaughan, C., Buja, L., Kruczkiewicz, A., & Goddard, L. (2016). Identifying research priorities to advance climate services. *Climate Services*, 4, 65-74.
- White, K. P., & Ingalls, R. G. (2017). The basics of simulation. *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference, dezembro 2017*, pp. 1-15.
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 - Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769.
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90–95.
- Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, M. G., & Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. *Processes*, 7(1), 1–36.
- Zamora, M. C., Acosta, C. M. M., & Goldner, M. C. (2003). The Wine Chain in Argentina: The Influence of Production-Consumption Dynamics. *Proceedings of the 21st International Conference of the System Dynamics Society: julho 20-24, 2003, Nova York, EUA*.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616–630.

APÊNDICE A – ARTIGO *ROLE OF THE INDUSTRY 4.0 IN THE WINE PRODUCTION AND ENOTOURISM SECTORS*

Jéssica Sá, Luís Pinto Ferreira, Teresa Dieguez, José Carlos Sá, F. J. G. Silva (2020), Book Chapter: Role of the Industry 4.0 in the wine production and enotourism sectors, International Conference on Tourism, Technology & Systems Published by Springer in a book of the SIST series Indexed by SCOPUS and ISI (**Aceite para Publicação**).

Role of the Industry 4.0 in the wine production and enotourism sectors

Jéssica Sá¹, Luís Pinto Ferreira^{1,*}, Teresa Dieguez^{3,4}, José Carlos Sá^{1,2}, F. J. G. Silva¹

¹ISEP - School of Engineering, Polytechnic of Porto, Portugal

²IPVC - School of Business Sciences, Polytechnic Institute of Viana do Castelo, Portugal

³CiTUR – Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação em Turismo, Portugal

⁴IPCA - Polytechnic Institute of Cávado and Ave, Portugal

*lpf@isep.ipp.pt

Abstract. The tradition of wine production and consumption in Portugal is widely spread since the country presents climatic and territorial characteristics which have made wine-making an important strategic sector. In addition, the essence of the wine industry has led to greater tourism, thus enhancing the growth of enotourism. Given the importance of the wine production sector in the national context, as well as the potential of Industry 4.0 to stimulate improvements both in efficiency and competitiveness, the objective of this work is to achieve a better understanding of how Industry 4.0 and its key features, namely simulation, can influence wine production and enotourism.

Keywords: Industry 4.0, Agriculture 4.0, Wine Production, Enotourism.

1 Introduction

The production of wine combines art and science, blending creativity with innovative technology. It is also a commercial activity with economic factors driving its manufacturing practices [1]. Wine production is facing several challenges which can be overcome by using tools provided by Industry 4.0. In fact, the Industry 4.0 trend has been changing the production capacity of all industries, including the agricultural sector and is seen as a transformational force that will profoundly impact industry [2]. This industrial revolution has kept its promise of enabling the achievement of higher levels of flexibility in production, as well as ensuring that products are massively customized without compromising better quality and higher productivity [3]. In this way, companies will be better prepared to deal with custom-made products, within shorter times of delivery, ensuring higher quality as well. Furthermore, digital communication networks will inevitably create an impact on the transformation of the tourism sector. The effect of digitalization on the economy has transformed the relation between technology and economy into an important link in the tourism sector, amongst others [4]. Thus, given the importance of the wine-making sector within the Portuguese economy and the potential that resides in Industry 4.0 to stimulate improvements both in efficiency and competitiveness, the purpose of this paper is to understand how Industry 4.0 and its key features, namely simulation, can influence the wine production sector and enotourism. This article addresses the following topics: the wine-making sector in Portugal, Industry 4.0 and its importance in this sector, the main problems this

area of production is facing, as well as the use of simulation as a decision-making support tool and Industry 4.0 in enotourism.

2 The Wine-making Sector in Portugal

According to the *Instituto da Vinha e do Vinho* (Vine and Wine Institute) [5], wine has existed as a form of trade currency in Portugal since 2000 BC. However, it was only between 1907 and 1908 that Portugal initiated the process of officially regulating various designations of origin. In addition to the Douro region, there are other demarcated regions such as Madeira, Setúbal (*Moscatel*), Carcavelos, Dão, Colares and Minho (*Alvarinho*), because the wine production and quality varies from region to region due to the type of grapes [5]. In the context of Portugal, the wine-making sector is a very strong branch of strategic activity. This is not only due to the country's long tradition of wine-making; it also ensues from the conditions of its soil and climate, which are conducive to wine production [6]. Portugal possesses 31 Protected Designations of Origin (PDOs) and 14 Geographical Indications (GIs), all of them contributing to the reinforcement of the wine quality and unique flavor policy, based on native grape varieties [6]. The importance of wine-making to the country is proved by its statistics. Indeed, in 2017 it reinforced its importance in the sales structure of the beverage industry, with approximately EUR 2.9 billion in sales, 203 million euros higher than in 2016 [7]. As shown in Figure 1, 53.2% of the total value of sales in the beverage industry was related to the wine industry (52.5% in 2016) [7]. Wine also constituted the most relevant segment of the beverage sector in 2017 [8]: it represented 87% of the companies, 65% in number of employees and 51% of the industry's turnover.

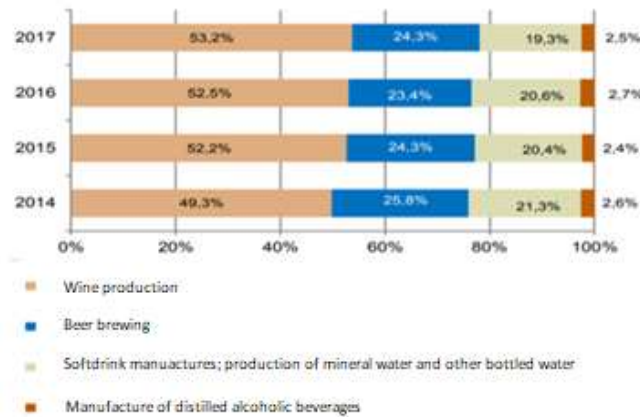


Fig. 1. The Beverage Industries' Sales Values in 2017 [7]

In 2018, Portugal was the ninth largest wine exporter worldwide, both in terms of volume (295 million liters exported in 2018) and value (800 million euros exported in 2018) [9]. In fact, in 2018, Portugal was estimated to have approximately 190,322 hectares of vineyards, which contributed to the production of 6 million hectoliters [10].

3 Identification of the main problems in the wine-making sector

Due to their characteristics, agriculture and especially the wine-growing activity, have both been experiencing some problems and issues which have hindered the management and decision-making processes involved in the various companies operating in the sectors. Within this framework, agriculture is indeed one of the sectors where climate change is of extreme relevance, owing to its important role in agricultural production. In fact, this is the sector where investments aimed at dealing with issues related to climate have generated the greatest impact [11]. In fact, the place where the vines grow, climate, soil characteristics and topography, impacts the wine production, quality and style [12]. Climate plays an important role in wine production, since climatic conditions constitute one of the most critical aspects of fruit ripening and overall vine growth which, in turn, directly affect the achievement of the ideal required characteristics to produce a particular type of wine [13-15]. Thus, given its unpredictable nature, the issue of weather is one of the main problems that wine producers are confronted by: an extremely rainy or dry year impacts on the quality of grapes and, consequently, on wine quality and prices. It is, therefore, not only important to analyze the effects of climate change to define adaptation strategies; it is also essential to study the impact of changes observed in the soil itself, which are invariably related to the vulnerability of the terroir [16]. In addition, current beverage consumption trends can also pose serious challenges for wine producers [17]. Thus, consumers' perception of the wine also constitutes a problem that must be considered when decisions are made.

4 Industry 4.0

Throughout history, there have been four distinct industrial revolutions which, for different reasons, have marked the evolution of humanity. These have invariably aimed to create the required conditions to achieve greater effectiveness and productivity [18]. In this context, the first three industrial revolutions were all triggered by technical innovation: the introduction of the steam engine and the mechanical loom at the end of the 18th century; the division of labor at the beginning of the 20th century; and the introduction of programmable logical controllers in the 1970s [19]. The last of these, the fourth industrial revolution – Industry 4.0 – is the one which has brought the era of digital transformation to life [20, 21]. In 2011, the term Industry 4.0 was publicly acknowledged in Germany, when an association of academic, political, and business representatives promoted the term as a new approach that would boost competitiveness in German industry [22]. When the 4th revolution was announced by the German Federal Government as an integral part of its technological strategy, it became a topic which was widely researched at universities and in research centers belonging to large companies [23]. Industry 4.0 is seen as a new level of organization and control, which impacts on the entire value chain of the product cycle. It is particularly directed at enhancing the ability to address the customer's specific requirements [24]. Industry 4.0 aims

to reach so-called smart factories, namely those where there is a smart grid, greater mobility, flexibility of industrial operations, integration with customers and suppliers, as well as the adoption of innovative business models [25]. To this end, it is not only essential to generate the necessary information; it is also important to analyze and convey it if one is to obtain the gains that ensue from Industry 4.0. Indeed, this new revolution combines a wide variety of new technologies which provide support to companies in their search for the creation of value. The nine pillars of this concept act as an anchor for development, allowing machines, information technologies and sensors to interconnect across the production chain by means of several tools: big data, autonomous robots, simulation, the internet of things (IoT), cloud computing, augmented reality, 3D printing/additive manufacturing, integrated systems, as well as cyber security and cyber physical systems (CPS) [24]. The analysis of large amounts of data – big data – allows one to manage and use this steadily increasing database quickly and efficiently, in order to detect and predict threats and problems inherent to the various stages of the production process [26, 27]. Given its formidable progress in the last decades of the twentieth century, another driving tool of industry 4.0 is that of autonomous robots, which have become more productive, flexible, versatile and safer [22]. They can be used in production lines, as well as in circumstances and zones where it is impossible for humans to operate. Simulation is an additional feature of Industry 4.0, which constitutes a practical tool to provide support in the decision-making process. 2D and 3D simulations can be used in a wide range of situations, such as the evaluation of cycle times, energy consumption and the ergonomic aspects of production facilities. These types of simulation can also be implemented with a view to reducing downtime, queues, and production failures, as well as the optimization of assembly lines [28-31]. IoT, another pillar of Industry 4.0, is the technological integration of information and the communication of a system [27]. Companies need to increase data-sharing between the various servers of the organization to enhance reaction times, troubleshooting and decision-making. Besides cloud computing, which is also extremely important, augmented reality is another Industry 4.0 tool that can be used to provide employees with real-time information regarding work procedures, thus allowing for improvements in the decision-making process [24]. 3D printing / additive manufacturing is also an important pillar, as these make mass customization considerably easier, reducing the time and costs inherent to the production and creation of exclusive products [21]. Integrated systems constitute another important pillar of Industry 4.0 [24]. Finally, cyber security and cyber physical systems (CPS) have become essential, given the need to protect the most critical industrial systems and production lines against cyber security threats. It can be understood as the integration of natural and man-made systems (physical space), as well as computing, communication and control systems (cyberspace) [26].

5 The Importance of Industry 4.0 in the Wine Industry

Industry 4.0 is expected to generate an impact on various sectors of activity, ranging from medicine [32], logistics and supply chains [33], industrial sustainability [34, 35], to the balance between personal and professional life [36]. It enables the improvement of processes and increases the competitiveness of companies across a wide spectrum of activities [37]. The agricultural sector is no exception; indeed, Agriculture 4.0 represents a great opportunity to address the variability and uncertainties of the agri-food production chain [38]. Some countries in the European Union and United States have already developed action plans to support digital agriculture [39]. Although the use of 4.0 technologies in agriculture is slower and more limited, these have brought a number of benefits to small and medium-sized enterprises, mainly in terms of increased productivity, lower costs, higher profits, and more support in decision-making processes [40]. In fact, modern agricultural estates can benefit from the use of sophisticated technologies such as agricultural robots (controlled by a GPS system, they can be used to assist in plant production) [41], temperature and humidity sensors, aerial images, and information technologies. The GPS system and sensors are also practical in the case of tractors and machines, enabling the optimization of routes and a reduction in fuel consumption [2,42]. Through connection with sensors, Big Data analysis also constitutes a widespread practice in agricultural companies, and allows for the mapping of soil, land and weather forecasts [43]. In order to prevent fraud in the sector, there has been a search for reliable methods of certifying food products, which constitutes a major concern in the European Union [44]. As an extremely lucrative business, the wine-making sector has also been subjected to several attempts of fraudulent practices, especially in the case of upmarket wines. There is, therefore, a need to develop reliable procedures of certification for the chain. In this context, the WineBioCode project [45] aims to define a strategy which will ensure the authenticity of wine. Its integrated approach foresees that, by means of biosensors, DNA-based methods can be widely used in the composition of wine varieties, since the fingerprint remains unaltered across the production chain, thus guaranteeing reliability and viability [45]. Furthermore, in a beverage sector such as wine, it is important to ensure that the quality of the liquid is maintained quickly and steadily during the entire production process. In the work developed by Oliveira et al. [46], the Winegrid system uses advanced sensors to provide a real-time evaluation of the quality of wine stored in casks. These sensors are able to assess parameters such as density, color intensity, color hue and temperature.

6 Simulation as a support tool for decision-making

Jay Forrester, from MIT (Massachusetts Institute of Technology), developed system dynamics in the 1950s to study the complexity of behavior in administration [47]. He used computational simulation in social sciences as an approach to provide a greater comprehension of dynamic behavior in complex systems, which would subsequently

enable reflection on the design of policies to guide management decisions [47]. The objective was, therefore, to understand the basic behavior system of the variables, as well as to detect the factors which determined this behavior, with a view to the implementation of improvements [47]. The use of computer simulation constitutes an extremely significant step in the decision-making process. It allows decision-makers to know more about the structure of the system: how the various factors which constitute the system are interconnected, and what the effects of this interaction are. It further enables a greater understanding of the contribution of individual elements to the overall behavior of the system [48]. Thus, the use of simulation as a vehicle which leads to better understanding, and assists in the decision-making issues within organizations, has gained considerable attention and momentum [49]. To this end, simulation involves creating a model which attempts to represent the behaviors of a real system, allowing one to understand and generalize these, in order to support decision-making. In many applications, simulation also includes testing and comparing alternative projects, as well as validating, explaining and supporting simulation results and study recommendations [50]. This area of study has proved to be of considerable importance when addressing the shortcomings of the wine sector. For example, the use of simulation is useful in the study of the dynamics of wine production and consumption. By resorting to system dynamics, one can draw up explanatory models of the mechanisms of coordination which exist between the various factors influencing the wine chain, namely sales, demand and price [51]. In addition, the use of simulation may constitute a simple method of examining the impact of political changes on the long-term behavior of the wine industry: by means of aggregate models, which relate grape harvesting, production, wine exports and imports, stock movements and financial flows, one will be able to anticipate the effect of climate change, political changes, fluctuation in international prices and exchange rates, thus facilitating decision-making [52]. The methodology based on system dynamics also allows for an analysis of the relation between the causes and effects of the relevant variables which are connected to the dynamics between the supply and demand of wine. It is also able to consider variables such as the rate of soil release, the lifespan of grapes, the cultivation of land and the yield of wine production [53].

7 Industry 4.0 and Enotourism

Enotourism can be briefly described as activities which involve visits to farms and vineyards, attendance of wine festivals and shows, where the main factor of motivation for visitors is wine. The evolution of enotourism also includes the development of wine routes, accommodation in family homes, and the assistance provided by guides to experience the gastronomic opportunities provided by the region [54]. Due to its long-standing commercial relations with England, Portugal has used wine as a means of linking wine regions to tourism. The very essence of the wine industry is conducive to a connection with tourism. Since wine is a beverage that is associated to moments of

leisure, it enhances the development and commercialization of enotourism, which has been growing exponentially in Europe in the form of official wine routes [55]. In an environment of great technological progress, it is important to understand that tourism and technology exist in environmental, political, economic and social contexts, which shape and are shaped by this progress. This is particularly true in the case of information systems development, which constitutes one of the main changing factors in tourism, especially from the perspective of consumer experience [56]. Thus, digital technologies have had a positive impact on the tourism sector. They are, for example, associated with the rendering of services, greater speed in dealing with processes, reduced costs, higher profitability and customer satisfaction. In this sense and influenced by the effect of revolutions such as Industry 4.0, e-commerce, digital advancements and the development of tourism, the growth of this sector was accelerated [4]. On the other hand, digital technologies have also produced some negative impacts on the tourism sector. This is the case, for instance, of the difficulty in adapting to new technologies, as well as the vulnerability of security and privacy issues, where the issue of personal data is of extreme relevance [4].

8 Conclusions

Industry 4.0 and its applicability to various sectors is undeniable and inevitable. In the particular case of the wine-making sector and, consequently in enotourism, the inherent tools to the fourth industrial revolution have potentiated greater efficiency and competitive advantages, which are both crucial to this age-old traditional sector. In fact, the wine-making sector has accompanied the foreseen technological developments of Industry 4.0, even though this has occurred more slowly than in other industries, given its specificities. In this context, it is important to understand how the shortcomings imminent to the wine-making sector can be addressed by harnessing the potential that Industry 4.0 tools offer. The use of simulation as a decision-making support tool constitutes an opportunity which could assist producers and managers of companies operating in this sector in their strategic and tactical decisions. Enotourism is also a sector where industry 4.0 has generated positive consequences. This industry is greatly enhanced by the actual consumption of wine, since the drink is associated with moments of leisure and relaxation. An improvement in wine quality, as well as greater development and investment in this sector, can also promote further growth in enotourism.

Acknowledgements

This work is financed by national funds through FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., under the scope of the project UID/BP/04470/2020.

References

1. Bisson, L. F., Waterhouse, A. L., Ebeler, S. E., Walker, M. A., & Lapsley, J. T. (2002). The

- present and future of the international wine industry. *Nature*, 418(6898), 696-699.
2. Bonneau, V., Copigneaux, B., Probst, L., & Pedersen, B. (2017). Industry 4.0 in agriculture: focus on IoT aspects. Directorate-General Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.
 3. Pinto, B., Silva, F. J. G., Costa, T., Campilho, R. D. S. G., Pereira, M. T. (2019). A Strategic Model to take the First Step Towards Industry 4.0 in SMEs. *Procedia Manufacturing*, 38, 637-645.
 4. Turkay, B., Dincer, F. I., & Dincer, M. Z. (2019). An Evaluation of New Values in Economy and Their Impacts on Future Transformation in Tourism. *Procedia Computer Science*, 158, 1095-1102.
 5. Instituto da Vinha e do Vinho (2018). A Vinha e o Vinho em Portugal (in Portuguese). <https://www.ivv.gov.pt/np4/47/> (accessed Feb. 04, 2020).
 6. Martins, L. (2018). Portugal - Flash Vinhos. Aicep Portugal Global (In Portuguese). <https://www.portugalglobal.pt> (accessed Feb. 04, 2020).
 7. Instituto Nacional de Estatística - Estatísticas Agrícolas: 2018 (In Portuguese). Lisboa: INE, 2019. www: <url:https://www.ine.pt/xurl/pub/358629204>. (accessed Feb. 04,2020). ISSN 0079-4139. ISBN 978-989-25-0495-7.
 8. Banco de Portugal (2019). Nota de Informação Estatística - Análise das empresas da indústria das bebidas 2017 | Banco de Portugal (In Portuguese). <https://www.bportugal.pt> (accessed Jan. 22, 2020).
 9. Dias, Maria João (2019). Fórum Anual Vinhos de Portugal Exportações. Instituto da Vinha e do Vinho (In Portuguese). Centro Cultural de Congressos Caldas da Rainha.
 10. IVV (2018). Dados estatísticos do sector vitivinícola (In Portuguese). <https://www.ivv.gov.pt/np4/estatistica/> (accessed Feb. 08, 2020).
 11. Vaughan, C., Buja, L., Kruczkiewicz, A., & Goddard, L. (2016). Identifying research priorities to advance climate services. *Climate Services*, 4, 65-74.
 12. Charters, S. (2006). The contemporary wine consumer: The social and cultural context of a drink *Wine & Society*.
 13. Graça, A. (2019). The MED-GOLD project: Advanced user-centric climate services for higher resilience and profitability in the grape and wine sector. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 12, p. 01005). EDP Sciences.
 14. Jones, G. V., & Alves, F. (2012). Impact of climate change on wine production: a global overview and regional assessment in the Douro Valley of Portugal. *International Journal of Global Warming*, 4(3-4), 383-406.
 15. Mullins, M. G., Bouquet, A., & Williams, L. E. (1992). *Biology of the grapevine*. Cambridge University Press.
 16. Bernetti, I., Menghini, S., Marinelli, N., Sacchelli, S., & Sottini, V. A. (2012). Assessment of climate change impact on viticulture: economic evaluations and adaptation strategies analysis for the Tuscan wine sector. *Wine Economics and Policy*, 1(1), 73-86.
 17. Goncharuk, A. G. (2017). The Challenges of Wine Business in Research. *Journal of Applied Management and Investments*, 6(4), 253-259.
 18. Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: opportunities and challenges. *International journal of financial research*, 9(2), 90-95.
 19. Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International journal of mechanical, industrial science and engineering*, 8(1), 37-44.
 20. Correia, A. B., Deus, P., & Baptista, J. R. (2016). Indústria 4.0: Construir a empresa digital (In Portuguese). *PricewaterhouseCoopers Portugal*, 1, 1-30.

21. Santos, M. Y., e Sá, J. O., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., ... & Galvão, J. (2017). A big data system supporting bosch braga industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37(6), 750-760.
22. Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13).
23. Hermann, M., Pentek, Tobias and Otto, Boris (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3928–3937.
24. Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0—a glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238.
25. Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
26. Bagheri, B., Yang, S., Kao, H. A., & Lee, J. (2015). Cyber-physical systems architecture for self-aware machines in industry 4.0 environment. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1622-1627.
27. Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0—innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769.
28. Ferreira, L. P., Gómez, E. A., Lourido, G. C. P., Quintas, J. D., & Tjahjono, B. (2012). Analysis and optimisation of a network of closed-loop automobile assembly line using simulation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(1-4), 351-366.
29. Ferreira, L. P., Pereira, G. A., & Machado, R. J. (2005). Geração Automática de Modelos de Simulação de uma Linha de Montagem de Auto-Rádios (In Portuguese). *Investigação Operacional*, 25(1), 37-62.
30. Simons, S., Abé, P., & Naser, S. (2017). Learning in the AutFab—the fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*, 9, 81-88.
31. Ferreira, L. P., Ares Gómez, E., Peláez Lourido, G., & Tjahjono, B. (2011, July). Optimization of a multiphase multiproduct production line based on virtual cells. In *Lecture notes in engineering and computer science: Proceedings of the world congress on engineering (WCE2011)*, London (pp. 6-8).
32. Javaid, M., & Haleem, A. (2019). Industry 4.0 applications in medical field: a brief review. *Current Medicine Research and Practice*, 9(3), 102-109.
33. Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain?. *Procedia Manufacturing*, 13, 1175-1182.
34. Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K. I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(08), 1740015.
35. Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247.
36. Stock, T., Obenaus, M., Kunz, S., & Kohl, H. (2018). Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. *Process Safety and Environmental Protection*, 118, 254-267.
37. Pereira, A. C., & Romero, F. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing* 13, 1206–1214 (2017).
38. Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, M. G., & Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. *Processes*, 7(1), 36.
39. Ozdogan, B., Gacar, A., & Aktas, H. (2017). Digital agriculture practices in the context of agriculture 4.0. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 4(2), 186-193.

40. Annosi, M. C., Brunetta, F., Monti, A., & Nati, F. (2019). Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs. *Computers in Industry*, 109, 59-71.
41. Kovács, I., & Husty, I. (2018). The role of digitalization in the agricultural 4.0—how to connect the industry 4.0 to agriculture?. *Hungarian Agricultural Engineering*, (33), 38-42.
42. De Clercq, M., Vats, A., & Biel, A. (2018). Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. World Government Summit.
43. Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37.
44. European Commission. (2006). Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
45. Fernandes, J. R., Pereira, L., Jorge, P., Moreira, L., Gonçalves, H., Coelho, L., Alexandre, D., Eiras-Dias, J., Brazão, J., Clímaco, P., Baleiras-Couto, M., Catarino, S., Graça, A., & Martins-Lopes, P. (2015). Wine fingerprinting using a bio-geochemical approach. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 5, p. 02021). EDP Sciences.
46. Oliveira, N., Duarte, D., Gonçalves, F., Costa, P., Vieira, S., Fontes, N., Prior, P., Graça, A., Figueira, M., Bilro, L., Nogueira, R. (2017). Winegrid: the remote and real-time wine production process monitoring system. 40th World Congress of Vine and Wine, Sofia, Bulgaria, 29 May - 02 June 2017.
47. Şenaras, A. E. (2017). Structure And Behavior in System Dynamics: A Case Study in Logistic. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(4), 321-340.
48. Disney, S. M., Naim, M. M., & Towill, D. R. (1997). Dynamic simulation modelling for lean logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 27 No. 3/4, pp. 174-196.
49. Swaminathan, J. M., Smith, S. F., & Sadeh, N. M. (1998). Modeling supply chain dynamics: A multiagent approach. *Decision sciences*, 29(3), 607-632.
50. White, K. P., & Ingalls, R. G. (2018). The basics of simulation. *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference (WSC)*, December 2018, pp. 147–161.
51. Zamora, M., Mendez Acosta, C., & Goldner, M. (2003). The wine chain in Argentina: influence of the Production-Consumption dynamics. *Proceedings of the 21st International Conference of the System Dynamics Society: July 20-24, 2003, New York City, USA*
52. Chester, J., Cooper, J. F. S., & Cavana, R. Y. A Dynamic Model for the New Zealand Wine Industry. *Proceedings of the 29th Annual Conference of the Operational Research Society of New Zealand*, 23-24 August 1993, University of Auckland, New Zealand.
53. Bivona, E. (1998). Applying System Dynamics to the management of a Small Firm A Case of Study in wine industry. *Proceedings of the 16th international conference of the System Dynamics Society, Québec '98, July 20-23 1998, Québec City, Canada*.
54. Hall, C. M., & Mitchell, R. (2000). Wine tourism in the Mediterranean: A tool for restructuring and development. *Thunderbird International Business Review*, 42(4), 445-465.
55. Bruwer, J. (2003). South African wine routes: some perspectives on the wine tourism industry's structural dimensions and wine tourism product. *Tourism management*, 24(4), 423-435.
56. Gretzel, U. (2012). Tourism in a technology-dependent world. *Future Tourism: Political, Social and Economic Challenges*, 28, 123.