

**IMPACTO DAS ALTERAÇÕES ENERGÉTICAS NA
SUSTENTABILIDADE DAS PMEs: MAPEAMENTO E
ANÁLISE DINÂMICA**

Inês Pascoal Carvalho Pereira

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Gestão

Orientador:

Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira
ISCTE Business School
Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Junho 2019

**IMPACTO DAS ALTERAÇÕES ENERGÉTICAS NA
SUSTENTABILIDADE DAS PMEs: MAPEAMENTO E
ANÁLISE DINÂMICA**

Inês Pascoal Carvalho Pereira

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Gestão

Orientador:

Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira
ISCTE Business School
Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Junho 2019

AGRADECIMENTOS

A

elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria, por este facto, de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade.

O maior agradecimento vai para os meus pais, que me proporcionaram os estudos e representaram sempre modelos de coragem, pelo seu apoio incondicional, incentivo, amizade e paciência demonstrados, assim como pela ajuda incondicional na superação de obstáculos que ao longo desta caminhada foram surgindo. Agradeço ao meu irmão, pelo apoio com que esteve presente em todos os momentos deste desafio. Aos meus avós, agradeço-lhes os valores que me inculcaram e pelos quais me guio. Aos meus tios e primos, obrigado pela força e pelo apoio que me deram nesta importante etapa da minha vida.

Quero agradecer a todos os meus amigos que estiveram presentes nesta fase, que me ouviram e me deram incentivo para nunca desistir. Obrigada a todos pela amizade, carinho e força que me transmitiram, especialmente ao Diogo Constantino, por ser a minha força e sorriso, bem como por se orgulhar de mim e estar ao meu lado.

Gostaria de deixar um agradecimento muito especial ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, pela sua capacidade de orientação, apoio a todos os níveis, paciência, confiança e sentido de entrega que me transmitiu. Graças à sua exigência e experiência, consegui alcançar um trabalho com o qual me posso orgulhar. Agradeço à ISCTE *Business School*, a todos os seus funcionários e aos docentes com quem me cruzei durante os cinco anos em que estudei nesta instituição.

Por fim, quero agradecer aos membros do painel de decisores: Armando Fonseca, Fernando Abrantes, Inês Ferreira, João Barão, Madalena Lacerda, Susana Serôdio e Sandra Dourado. Agradeço ainda à Eng.^a Paula Gomes e ao Eng.^o Sandro Pereira, membros da Direção de Serviços de Sustentabilidade Energética pertencente à Direção Geral da Energia e Geologia (DGEG), pela disponibilidade, partilha de conhecimentos, experiências e valores, que ajudaram a consolidar os resultados da presente dissertação.

A todos,

O meu inestimável OBRIGADA!

IMPACTO DAS ALTERAÇÕES ENERGÉTICAS NA SUSTENTABILIDADE DAS PMES: MAPEAMENTO E ANÁLISE DINÂMICA

RESUMO

A energia é essencial ao bem-estar, tanto económico como social da sociedade. As crescentes exigências de consumo de energia conduzem a uma utilização excessiva dos recursos energéticos, com consequências nefastas para o ambiente. Neste sentido, há uma grande pressão sobre a sociedade em geral – e particularmente sobre as empresas – por forma a integrarem novas realidades energéticas nas suas estratégias. Apesar de as grandes empresas já demonstrarem preocupações com a eficiência energética e com a adoção de energias mais “limpas”, as empresas com menores recursos – como as pequenas e médias empresas (PMEs) – têm mostrado alguma relutância no que toca a este tema. Posto isto, e tendo em conta que uma estratégia conducente à sustentabilidade energética é um imperativo de competitividade das empresas, parece evidente que os decisores das PMEs beneficiariam de uma nova abordagem que facultasse uma melhor compreensão dos determinantes que impactam a sua sustentabilidade energética. Nesta perspetiva, a presente dissertação combina técnicas de mapeamento cognitivo com a abordagem *System Dynamics* (SD), de forma a estruturar um modelo mais informado e transparente para a avaliação do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs. A conjugação destas metodologias permite enriquecer a literatura já existente no tema, na medida em que, para além de analisar as relações de causa-efeito entre critérios de decisão, capta as interações dinâmicas entre as variáveis do modelo, a partir de uma perspetiva holística e ajustada ao mundo real. Os possíveis contributos e as limitações destas abordagens, as implicações práticas do modelo e a formulação de linhas de investigação futura são também objeto de análise e de discussão.

Palavras-Chave: Alterações Energéticas; Apoio à Tomada de Decisão; Dinâmica de Sistemas; Mapeamento Cognitivo *Fuzzy*; Pequenas e Médias Empresas (PMEs); Sustentabilidade.

AN FCM-SD APPROACH TO THE IMPACT OF ENERGY CHANGES ON SME SUSTAINABILITY

ABSTRACT

Energy is vital to the socio-economic well-being of the society at large. The global increasing demand in energy consumption lead to an excessive overuse of energy resources, which impacts the environment. Currently, there is an enormous pressure in our society to integrate energy concerns in business strategies. Although large companies have already demonstrated energy efficiency concerns and have adopted more “clean” types of energy, companies with fewer resources – such as small and medium-sized enterprises (SMEs) – are the most reluctant to this aspect. Considering that a strategy leading to energy sustainability has become a key point to business competitiveness, it seems clear that SME decision makers would benefit from a new approach that provides a better understanding of the determinants that impact energy sustainability. From this standpoint, the present study combines *fuzzy* cognitive mapping and the System Dynamics (SD) approach, aiming at structuring an informed and transparent model to analyze the effects of energy change on SME sustainability. The combination of these methodologies allows the existing literature regarding this research topic to be enriched. Furthermore, it allows the cause-effect relationships between decision criteria to be analyzed, and gathers the dynamic interactions among the model variables, from a holistic and real-world perspective. Advantages, limitations and implications for research and practice area also discussed.

Keywords: Decision Support Systems; Energy Change; Fuzzy Cognitive Mapping; Small and Medium-sized Enterprises (SMEs); Sustainability; System Dynamics (SD).

SUMÁRIO EXECUTIVO

Esta dissertação de mestrado tem como principal objetivo a identificação, estruturação e análise dinâmica dos fatores que influenciam a sustentabilidade energética das pequenas e médias empresas (PMEs), recorrendo à utilização de técnicas de mapeamento cognitivo *fuzzy*, conjugados com a abordagem *System Dynamics* (SD). Na atualidade, a maioria das grandes empresas já atuam com base numa estratégia conducente a um bom desempenho energético, tendo atenção constante e proativa às questões de eficiência energética. No entanto, nas PMEs, esta tendência não se verifica, atendendo a que, em muitos dos casos, o tema da eficiência energética não constitui ainda uma prioridade, encontrando a lei vigente alguns obstáculos à sua aplicação. É desta forma que a criação de um novo modelo de avaliação do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs ganha relevância, pois para além de ser uma ferramenta de apoio aos decisores deste tipo de empresas, em matérias de cariz energético, constitui um meio de sensibilização para a integração de novas formas energéticas nas suas realidades. Tendo em conta que as alterações energéticas são uma temática urgente e atual, que nos afeta a todos de forma mais ou menos direta, são vários os autores que aprofundam este tema. Existem, todavia, algumas limitações gerais nos estudos feitos até hoje, nomeadamente: (1) forma pouco clara como se analisam as relações de causa-e-efeito entre os determinantes de sustentabilidade, energia e PMEs; e (2) ausência de estudos destinados à análise dinâmica entre as variáveis. Apesar de não estar isenta de limitações, a abordagem metodológica adotada no âmbito da presente dissertação permite ultrapassar algumas destas lacunas, preocupando-se em tornar a preocupação com a sustentabilidade energética das PMEs mais coerente e incorporando na análise o dinamismo inerente à realidade. Assim, a presente dissertação recorreu aos *Problem Structuring Methods* (PSMs), nomeadamente os *fuzzy cognitive maps* (FCMs) e à abordagem SD, tendo em conta as suas reconhecidas vantagens, através de bases interpretativas e construtivistas, na estruturação de problemas de decisão complexos. Com efeito, o mapeamento cognitivo facilita a estruturação de opiniões, valores e experiências, por forma a definir as variáveis a integrar no modelo e a estabelecer as suas relações de causalidade. Já a abordagem SD permite aos decisores perceber as interações entre os componentes do sistema, de forma consistente com o mundo real. Para a aplicação empírica destas metodologias, constituiu-se um grupo de decisores com conhecimento e experiência em PMEs que revelassem preocupações energéticas (*i.e.*, gestores de PMEs de diferentes ramos de atividade e elementos de uma

associação energética), e que tivessem disponibilidade para participar em duas sessões presenciais de grupo. Na primeira sessão, foi lançada a seguinte *trigger question*: “Com base nos seus valores e experiência profissional, que fatores energéticos podem influenciar a sustentabilidade das PMEs?”, que deu origem à aplicação da “técnica dos *post-its*”, através da qual se escreve, em *post-its*, as variáveis que, na ótica de cada decisor, são consideradas fatores influenciadores da sustentabilidade energética das PMEs. Posteriormente, os determinantes foram organizados em *clusters*, ou seja, áreas de interesse, nomeadamente: (1) *Fatores Políticos*; (2) *Fatores Sociais*; (3) *Fatores Ambientais/Energéticos*; e (4) *Fatores Económico-Financeiros*. Numa última fase desta sessão, as variáveis foram hierarquizadas em cada *cluster* de acordo com o seu grau de importância. Com isto, foi elaborado um mapa cognitivo de grupo com recurso ao *software Decision Explorer*, o qual foi validado pelo grupo na segunda sessão de trabalho. Nessa segunda sessão, foi também definido o grau de intensidade, com base no intervalo [-1; 1], das relações de influência ou causalidade entre os determinantes, mais especificamente, o valor das setas presentes no mapa cognitivo. Seguidamente, com base no *software Vensim*, foram realizadas várias simulações que permitiram testar o modelo concebido. Especificamente, foram realizadas simulações de três níveis, nomeadamente: (1) *intra-cluster*; (2) *inter-cluster*; e (3) *multi-cluster*. Por forma a consolidar os resultados obtidos e a analisar o potencial de aplicabilidade prática do sistema desenvolvido, foi realizada uma sessão de consolidação com dois especialistas que desenvolvem funções na Direção de Serviços de Sustentabilidade Energética pertencente à Direção Geral da Energia e Geologia (DGEG). Assim, aquando a conclusão da sessão, tornou-se possível classificar os resultados obtidos como satisfatórios, tendo em conta que, para além de terem sido definidas e estruturadas cerca de 110 variáveis que afetam a sustentabilidade energética das PMEs, foi analisada a dinâmica existente entre as mesmas. No entanto, este modelo não está isento de limitações, sendo necessário proceder-se a ajustes sempre que se considere a sua extrapolação.

ÍNDICE GERAL

Principais Abreviaturas Utilizadas	XIII
Capítulo 1 – Introdução Geral	1
1.1. Enquadramento Inicial	1
1.2. Objetivos de Investigação	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura	4
1.5. Resultados Esperados	5
Capítulo 2 – Revisão da Literatura	6
2.1. Conceitos de Base: Energia, Sustentabilidade e PME	6
2.2. Impacto das Alterações Energéticas na Sustentabilidade das PMEs	12
2.3. Estudos Relacionados: Contributos e Limitações	15
2.4. Limitações Metodológicas Gerais	21
<i>Sinopse do Capítulo 2</i>	23
Capítulo 3 – Enquadramento Metodológico	24
3.1. Enquadramento Epistemológico	24
3.2. Cognição Humana e Estruturação de Problemas Complexos	26
3.2.1. Mapas Cognitivos e Lógica <i>Fuzzy</i>	27
3.2.2. Vantagens e Limitações dos Mapas Cognitivos <i>Fuzzy</i>	32
3.2.3. Possíveis Contributos para a Análise das Alterações Energéticas	34
3.3. A Abordagem <i>System Dynamics</i>	35
3.3.1. Princípios de Dinâmica de Sistemas	36
3.3.2. Vantagens e Limitações da Abordagem <i>System Dynamics</i>	42
3.3.3. Contributos para a Análise Dinâmica das Alterações Energéticas	44
<i>Sinopse do Capítulo 3</i>	45

Capítulo 4 – Estruturação, Análise Dinâmica e Recomendações	46
4.1. Estrutura Cognitiva de Grupo e Avaliação de Intensidades Causais	46
4.2. Impacto das Alterações Energéticas na Sustentabilidade das PME's	53
4.3. Validação do Modelo, Limitações e Recomendações	102
<i>Sinopse do Capítulo 4</i>	105
Capítulo 5 – Conclusões, Recomendações e Investigação Futura	106
5.1. Resultados Alcançados e Limitações do Estudo	106
5.2. Implicações Práticas e Teóricas	108
5.3. Linhas de Investigação Futura	109
Referências Bibliográficas	110

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

FIGURAS

Figura 1 – Exemplo Parcial de um Mapa Cognitivo	29
Figura 2 – Exemplo de um FCM	29
Figura 3 – A Visão do <i>Feedback</i> num Sistema	39
Figura 4 – Aplicação da “Técnica dos <i>Post-its</i> ”	50
Figura 5 – Mapa Cognitivo de Grupo (ou Mapa Estratégico)	51
Figura 6 – Instantâneos Decorridos da Segunda Sessão	52
Figura 7 – Classificação das Variáveis no <i>Software Vensim</i>	55
Figura 8 – Modelo Obtido no <i>Vensim</i>	58
Figura 9 – Impacto do Cenário Otimista no <i>Cluster Fatores Políticos</i>	60
Figura 10 – Impacto do Cenário Pessimista no <i>Cluster Fatores Políticos</i>	62
Figura 11 – Efeitos dos Três Cenários Quando Comparados com o Cenário Inicial	64
Figura 12 – Impacto dos Cenários Arquetados para os <i>Fatores Políticos</i> , no Conceito <i>Head</i>	65
Figura 13 – Impacto do Cenário Otimista no <i>Cluster Fatores Sociais</i>	67
Figura 14 – Impacto do Cenário Pessimista no <i>Cluster Fatores Sociais</i>	68
Figura 15 – Efeitos dos Três Cenários Quando Comparados com o Cenário Inicial	70
Figura 16 – Impacto dos Cenários arquetados para os <i>Fatores Sociais</i> , no Conceito <i>Head</i>	71
Figura 17 – Impacto do Cenário Otimista no <i>Cluster Fatores Económico-Financeiros</i>	73
Figura 18 – Impacto do Cenário Pessimista no <i>Cluster Fatores Económico-Financeiros</i>	74
Figura 19 – Efeitos dos Três Cenários Quando Comparados com o Cenário Inicial	76
Figura 20 – Impacto dos Cenários Arquetados para os Fatores Económico-Financeiros no Conceito <i>Head</i>	77

Figura 21 – Impacto do Cenário Otimista no <i>Cluster Fatores Ambientais/Energéticos</i>	79
Figura 22 – Impacto do Cenário Pessimista no <i>Cluster Fatores Ambientais/Energéticos</i>	80
Figura 23 – Efeitos dos Três Cenários Quando Comparados com o Cenário Inicial	82
Figura 24 – Impacto dos Cenários Arquetetados para os <i>Fatores Ambientais/Energéticos</i> , no Conceito <i>Head</i>	83
Figura 25 – Impacto da variação do <i>Cluster Fatores Sociais</i> na <i>Estratégia PME</i>	84
Figura 26 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Políticos</i> na <i>Estratégia PME</i> ...	85
Figura 27 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Políticos</i> e <i>Fatores Sociais</i> , simultaneamente, na <i>Estratégia PME</i>	86
Figura 28 – Impacto de Variações Singulares e Simultâneas no Conceito <i>Head</i>	87
Figura 29 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Sociais</i> e do Cenário Otimista na <i>Estratégia PME</i>	88
Figura 30 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Políticos</i> e do Cenário Otimista na <i>Estratégia PME</i>	88
Figura 31 – Comparação entre Cenários.....	89
Figura 32 – Impacto de Variações Negativas Conjugadas com Cenários Otimistas, no Conceito <i>Head</i>	90
Figura 33 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Económico-Financeiros</i> na <i>Localização</i>	91
Figura 34 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Ambientais/Energéticos</i> na <i>Localização</i>	91
Figura 35 – Impacto da Variação Simultânea dos <i>Clusters Fatores Económico-Financeiros</i> e <i>Fatores Ambientais/Energéticos</i> na <i>Localização</i>	92
Figura 36 – Impacto de Variações Singulares e Simultâneas no Conceito <i>Head</i>	93
Figura 37 – Impacto da variação simultânea dos <i>clusters Fatores Económico-Financeiros</i> e <i>Fatores Ambientais/Energéticos</i> na <i>Localização</i>	93
Figura 38 – Impacto das Varções Singulares e Simultâneas no Conceito <i>Head</i>	94
Figura 39 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Ambientais/Energéticos</i> conjugado com o Cenário Pessimista	95

Figura 40 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Económico-Financeiros</i> conjugado com o Cenário Pessimista	95
Figura 41 – Comparação de Cenários	96
Figura 42 – Impacto de uma Variação Positiva Conjugado com o Cenário Otimista, no Conceito <i>Head</i>	97
Figura 43 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Ambientais/Energéticos</i> conjugado com o Cenário Intermédio	98
Figura 44 – Impacto da Variação do <i>Cluster Fatores Económico-Financeiros</i> conjugado com o Cenário Intermédio	98
Figura 45 – Comparação de Cenários	99
Figura 46 – Impacto de uma Variação Negativa Conjugado com o Cenário Intermédio, no Conceito <i>Head</i>	100
Figura 47 – Impacto das Variações na Variável <i>Rate Alterações Energéticas</i>	101
Figura 48 – Impacto das Variações na Variável <i>Head Sustentabilidade PME</i>	102
Figura 49 – Instantâneos do decorrer da Sessão de Validação	103

TABELAS

Tabela 1 – Classificação das Barreiras à Eficiência Energética Baseadas em Sorrell <i>et al.</i>	14
Tabela 2 – Contributos na Área e Respetivas Limitações	17
Tabela 3 – Características dos Sistemas que Levam à Complexidade Dinâmica	37
Tabela 4 – Processo de desenvolvimento de um modelo SD	40
Tabela 5 – Classificação das Variáveis	54
Tabela 6 – Equações Atribuídas a Cada Variável	56
Tabela 7 – Variáveis Constantes Impactadas por Reformulações de Cariz Político ...	60
Tabela 8 – Variáveis Constantes Impactadas pela Crise Política	61
Tabela 9 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Intermédio	63
Tabela 10 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Otimista	66
Tabela 11 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Pessimista	68
Tabela 12 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Intermédio	70
Tabela 13 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Otimista	72
Tabela 14 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Pessimista	74

Tabela 15 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Intermédio	75
Tabela 16 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Otimista	78
Tabela 17 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Pessimista	80
Tabela 18 – Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Intermédio	82

PRINCIPAIS ABREVIATURAS UTILIZADAS

APREN	– Associação Portuguesa de Energias Renováveis
CLD	– <i>Casual-Loop Diagram</i>
DGEG	– Direção Geral da Energia e Geologia
ENE2020	– Estratégia Nacional para a Energia
FCM	– <i>Fuzzy Cognitive Map</i>
IT	– <i>Information Technology</i>
LN	– Logaritmo Natural
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
ONU	– Organização das Nações Unidas
PDCA	– <i>Plan, Do, Check and Act</i>
PME	– Pequena e Média Empresa
PSM	– <i>Problem Structuring Method</i>
SFD	– <i>Stock and Flow Diagram</i>
SODA	– <i>Strategic Options Development and Analysis</i>
SVM	– <i>Sustainable Value Methodology</i>
SWOT	– <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
UE	– União Europeia
WCED	– <i>World Commission on Environmental and Development</i>
WCU	– <i>World Conservation Union</i>

1.1. Enquadramento Inicial

A sociedade contemporânea é caracterizada por valores crescentes associados ao consumo de energia, sendo que esta realidade tenderá a manter-se nas próximas décadas, pois o nível e a qualidade de vida das populações e a atividade económica desenvolvida pelas empresas estão totalmente dependentes da energia (Oyedepo, 2014). Estas dependências, conjuntamente com a crescente sensibilização para os efeitos negativos no planeta, concedem ao setor energético um papel estruturante, integrador e fundamental, tanto ao nível da sociedade como da economia. Neste sentido, surge uma necessidade iminente de apostar em cenários energéticos alternativos e de recorrer a estratégias para uma energia mais “limpa” e competitiva no futuro. Este novo paradigma energético só é possível com a sensibilização do tecido empresarial, nos seus diferentes setores de atividade e da sociedade em geral.

A nível empresarial, o aumento da eficiência energética das operações e processos é fundamental porque, para além de aumentar o desempenho financeiro, cria mais-valias para a sociedade e para o ambiente. Apesar de a maioria das grandes empresas já atuarem com estratégias que integram preocupações de cariz energético, nas pequenas e médias empresas (PMEs) esta temática não constitui ainda uma prioridade. A literatura sobre o tema das barreiras enfrentadas pelas PME à eficiência energética é muito vasta (*e.g.*, Trianni e Cagno, 2012; Henriques e Catarino, 2016; Meath *et al.*, 2016), sendo que os fatores económicos, organizacionais e comportamentais são os que mais barreiras oferecem à atividade das PME em matérias energéticas.

Apesar da crescente investigação nesta área, existem ainda lacunas por preencher como é o caso da expressão reduzida da análise das relações causa-efeito entre os determinantes de sustentabilidade, energia e PME e a ausência de estudos que contemplem o dinamismo inerente às variáveis. Posto isto, parece relevante, tanto na perspetiva das empresas como da investigação académica, desenvolver um modelo conceptual que promova a sustentabilidade energética das PME. Este modelo apoiaria este tipo de

empresas na tomada de decisões estratégicas, promovendo soluções mais ponderadas e coerentes.

Na presente dissertação, será utilizada uma conjugação de técnicas de mapeamento cognitivo *fuzzy* com a abordagem *System Dynamics* (SD), pois ambas potenciam perspectivas holísticas dos problemas de decisão e fomentam o pensamento sistémico. Como tal, têm sido reportadas na literatura como um instrumento de grande potencial na estruturação de problemas complexos e dinâmicos (Grillo *et al.*, 2018; Ferreira e Meidutė-Kavaliauskienė, 2019; Kim *et al.*, 2019). Desta forma, a construção de um modelo de análise da sustentabilidade energética das PME's é visto como o principal objetivo da presente dissertação.

1.2. Objetivos de Investigação

Como referido, a eficiência energética e o recurso a energias mais “limpas” são desafios emergentes, tanto para a sociedade em geral, como para o tecido empresarial. No entanto, e apesar da sua capacidade para ultrapassar algumas das limitações que são inerentes a este tipo de empresas, são ainda poucas as PME's que integram estes desafios.

Tendo em conta que as PME's estão enquadradas em mercados cada vez mais globais e concorrenciais, torna-se necessária a otimização de processos e de fatores produtivos através de práticas energeticamente eficientes, por forma a conseguir vantagens competitivas e minimizando o risco de perda de competitividade. Para além das vantagens para a própria empresa, uma estratégia conducente à eficiência energética comporta benefícios para o ambiente e para a sociedade em geral.

Neste sentido, percebe-se que um dos grandes obstáculos enfrentados pelas PME's aquando da tomada de decisões de cariz energético é o baixo *know-how*. Acrescido a esta característica inerente às PME's, encontra-se o facto de a investigação relacionada com a sustentabilidade energética também apresentar algumas limitações, como é o facto de a identificação e a análise dos fatores que influenciam a sustentabilidade energética das PME's serem realizadas de forma isolada, o que faz com que o seu entendimento seja pouco claro. Assim, o principal objetivo da presente dissertação passa pelo ***desenvolvimento de um modelo de análise do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PME's, através da identificação dos determinantes relevantes nesta temática, da sua***

estruturação num mapa cognitivo fuzzy (FCM) e da realização de simulações que ajudem a perspetivar cenários com base na abordagem SD.

Para além disso, esta dissertação apresenta outros objetivos suplementares, nomeadamente: (1) criação de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão para as PME's, através de um modelo de reflexão da sustentabilidade energética, que permita realizar análises e perspetivar cenários; e (2) identificação e hierarquização de variáveis, objetivas e subjetivas, que determinam a sustentabilidade energética das PME's.

1.3. Metodologia de Investigação

Por forma a concretizar os objetivos anteriormente definidos (*ver* ponto 1.2.), esta dissertação será sustentada numa revisão da literatura, onde se pretende compreender os conceitos de *PME*, *energia* e *sustentabilidade*, no sentido de compreender o impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PME's. Tendo em conta a importância da sustentabilidade energética na realidade atual das PME's, esta revisão passará também por estudar os contributos já existentes nesta área, assim como identificar as limitações existentes e que suportam a necessidade de criação do novo modelo. Posteriormente, será realizado um enquadramento metodológico, tanto das técnicas de mapeamento cognitivo como da abordagem SD, no sentido de ser possível fazer a estruturação e a análise dinâmica das variáveis do problema.

A estruturação do problema será realizada com base em duas sessões de grupo com um painel de especialistas em sustentabilidade energética e PME's, onde será promovida a partilha de ideias, conhecimentos e vivências, por forma a criar a base do modelo a desenvolver (*i.e.*, mapa cognitivo). Através dessa estrutura de base, partir-se-á para a aplicação da abordagem SD, no sentido de ser possível analisar o dinamismo do sistema criado (*i.e.*, relação entre os determinantes) com base na simulação de cenários.

A conjugação destas abordagens metodológicas facilitará a estruturação do problema de decisão em análise, permitindo identificar um maior número de determinantes, sejam eles subjetivos ou objetivos, que influenciam a sustentabilidade energética das PME's e as suas relações causa-efeito.

1.4. Estrutura

Do ponto de vista formal, esta dissertação está segmentada da seguinte forma: (1) *Capítulo I*, que corresponde à presente introdução; (2) revisão da literatura, que é coberta pelo *Capítulo II*; (3) enquadramento metodológico, que é realizado no *Capítulo III*; (4) componente empírica da metodologia, que está descrita no *Capítulo IV*; e (4) conclusões finais e sugestões para futura investigação, que estão dispostas no *Capítulo V*.

Especificamente, no *Capítulo I*, é feito um enquadramento geral da temática abordada na presente dissertação, contextualizando a sustentabilidade energética e a sua importância ao nível das PME's. Para além disso, são expostas as razões pelas quais as PME's necessitam do modelo desenvolvido nesta dissertação, introduzindo assim os objetivos do presente estudo. Posteriormente, é apresentada a estrutura da dissertação e os resultados que se esperam alcançar. O *Capítulo II* corresponde à revisão da literatura, através da qual se aprofundam os conceitos-base desta dissertação (*i.e.*, PME, sustentabilidade e energia), bem como o impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PME's. Procurar-se-á, ainda, reunir modelos que apresentem contributos para a temática em estudo, bem como identificar as suas limitações, por forma a justificar a criação de um novo modelo. No *Capítulo III*, é realizado o enquadramento das metodologias utilizadas nesta dissertação, tendo por base a cognição humana e a sua relevância para a estruturação de problemas complexos. Para além disso, é descrita a forma como metodologias assentes em bases interpretativas e construtivistas podem auxiliar o processo de tomada de decisão. Neste sentido, para cada metodologia (*i.e.*, mapeamento cognitivo *fuzzy* e SD), são analisados os seus benefícios, limitações e possíveis contributos para a temática em estudo. Posto isto, o *Capítulo IV* diz respeito à componente empírica, mais concretamente à aplicação prática das metodologias. A primeira etapa apresentada é a estruturação do modelo, através do decorrer de duas sessões presenciais com decisores pertencentes a cargos relevantes em PME's, ou diretamente relacionados à área da sustentabilidade energética, de onde se extraíram os critérios de avaliação da sustentabilidade energética das PME's e os valores correspondentes às suas interações. Posteriormente, com recurso ao *software Decision Explorer*, foi desenvolvido um mapa cognitivo de grupo. Numa segunda etapa, com o apoio do *software Vensim*, foram simulados cenários, por forma a observar o comportamento do sistema quando sujeito a alterações nas variáveis. Por fim, no último capítulo (*i.e.*, *Capítulo 5*), são apresentadas as conclusões retiradas da investigação feita, indicadas as limitações presentes no estudo e, a

partir delas, apresentadas recomendações para futura investigação no domínio da sustentabilidade energética das PME's.

1.5. Principais Resultados Esperados

O principal resultado esperado com a presente dissertação é, através das técnicas de cartografia cognitiva e da abordagem SD, a construção de um modelo que permita analisar o impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PME's. Esta escolha metodológica possibilitará, para além de estruturar os determinantes, subjetivos e objetivos, que afetam a sustentabilidade energética das PME's, estudar as dinâmicas estabelecidas entre os mesmos e, deste modo, ultrapassar as limitações da análise estática considerada na maioria das investigações já existentes.

Ambas as metodologias aplicadas no desenvolvimento desta dissertação caracterizam-se pela constante interatividade, resultado da participação ativa dos membros do painel de decisores. Neste sentido, os principais resultados esperados prendem-se com a criação de um modelo de avaliação robusto, realista e atual. Em acréscimo, acredita-se que a utilização deste modelo acrescente transparência, utilidade e simplicidade ao processo de tomada de decisão e de planeamento estratégico efetuado pelas PME's, pelo facto de ajudar a clarificar um conjunto abrangente e diversificado de determinantes e da capacidade de os interrelacionar. Para finalizar, com os resultados obtidos neste estudo, está prevista a publicação de um artigo científico, com a apresentação dos principais resultados alcançados, numa revista internacional de especialidade.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

No presente capítulo, serão abordados alguns conceitos essenciais à temática desta dissertação, de modo a ser possível enquadrar o estudo. Em particular, serão tratados os conceitos de *pequena e média empresa* (PME), *sustentabilidade* e *energia*. De seguida, é analisado o impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs. Por fim, são analisados alguns estudos relacionados com o tema, no sentido de identificar contributos, limitações e encontrar “espaço” para a proposta metodológica apresentada no âmbito da presente dissertação.

2.1. Conceitos Base

Com base no guia do utilizador relativo à definição de *pequena e média empresa* (PME) (ver Comissão Europeia, 2015: 3), “*a categoria das micro, pequenas e médias empresas (PME) é constituída por empresas que empregam menos de 250 pessoas e cujo volume de negócios anual não excede 50 milhões de euros ou cujo balanço total anual não excede 43 milhões de euros*”. Importa ter presente, no entanto, que a primeira definição formal de PME, comum a toda a União Europeia (UE), foi introduzida em 1996 (*cf.* Zorpas, 2010). Em 2003, esta definição foi revista com o objetivo de refletir a evolução económica e ultrapassar alguns obstáculos com que as PMEs se confrontavam (Comissão Europeia, 2015). Posteriormente, em 2012, a Direção Geral do Mercado Interno, Indústria, Empreendedorismo e PME realizou um estudo independente focado na aplicabilidade prática da definição de PME anteriormente proposta (Comissão Europeia, 2015). A conclusão desse estudo foi de que o conceito se mantinha atual, não sendo necessária uma nova revisão. Por um lado, a estrutura das PMEs não apresentou alterações significativas e, por outro lado, os pontos de vista da maioria das partes interessadas não justificaram que se alterasse a definição de forma significativa.

No início de 2018, a Comissão Europeia apresentou um questionário *online* para ser preenchido por empresas de todos os Estados membros, com a intenção de rever a definição de PME e de maneira a assegurar que a mesma continuava a ser atual e adequada

(cf. Pinto, 2018). Atualmente, a definição de PME em vigor continua a ser a que foi proposta em 2003, a qual agrega três categorias de empresas – *i.e.*, microempresas, pequenas empresas e médias empresas. Considera-se uma microempresa se empregar menos de dez efetivos e se o volume de negócios ou balanço total anual não exceder 2 milhões de euros. Por sua vez, uma pequena empresa é definida como uma empresa que emprega menos de 50 efetivos e cujo volume de negócios ou balanço total anual não excede 10 milhões de euros. Já uma média empresa é definida como uma empresa que emprega menos de 250 efetivos e que tem ou um volume de negócios anual que não excede 50 milhões de euros, ou um balanço anual não superior a 43 milhões de euros (cf. Comissão Europeia, 2015).

O critério do número de efetivos é obrigatório para uma empresa ser considerada PME. Já relativamente ao critério do volume de negócios e do limiar máximo do balanço total, a empresa não precisa de satisfazer ambos os requisitos, podendo exceder um deles sem que isso tenha impacto no seu estatuto de PME.

Apesar destes critérios (*i.e.*, trabalhadores, volume de negócios e balanço total), empresas que integram estruturas empresarias mais complexas e/ou que apresentem recursos adicionais significativos, devem ser objeto de uma análise individual, para avaliar se são elegíveis para o estatuto de PME. Esta necessidade está alinhada em todos os Estados membros da UE, incluindo naturalmente Portugal, de modo a assegurar que as medidas de apoio às PMEs tenham por base os mesmos pressupostos. Com efeito, a não existência de uma definição comum poderia levar à aplicação desigual das políticas e, por conseguinte, a falsear a concorrência nos Estados membros.

A importância das PMEs na UE está bem espelhada na afirmação de Juncker (2014: 5), presidente da Comissão Europeia, para quem: “*SMEs are the backbone of our economy, creating more than 85% of new jobs in Europe and we have to free them from burdensome regulation*”. De facto, as PMEs são o motor da economia europeia. Por um lado, são fundamentais para a estabilidade social, uma vez que são responsáveis por cerca de 67% dos postos de trabalho da comunidade europeia. Por outro lado, representam cerca de 57% do crescimento económico europeu (Muller *et al.*, 2017).

A importância das PMEs para a economia portuguesa é ainda superior à da média europeia, representando 78% e 69% dos postos de trabalho e do crescimento económico, respetivamente (Muller *et al.*, 2017). Analisando a contribuição, a nível europeu, das três categorias de empresas que compõe o conceito de PME (*i.e.*, micro, pequenas e médias empresas), constata-se que as microempresas representam 93% das PMEs, sendo

responsáveis pela criação de 45% dos postos de trabalho e contribuindo com 37% do crescimento económico. Também neste caso, a contribuição das microempresas ao nível do mercado português é superior à da média europeia, representando cerca de 52% e 35% dos postos de trabalho e do crescimento económico, respetivamente (Muller *et al.*, 2017).

Apesar do valor que as empresas acrescentam à sociedade – como, por exemplo, através da criação de postos de trabalho e melhoria na qualidade de vida – se pretendem sobreviver no futuro, torna-se imperativo que incorporem práticas sustentáveis, tanto a nível estratégico como a nível operacional (Bhamra *et al.*, 2018). A noção de desenvolvimento sustentável foi, numa fase inicial de discussão do conceito, associada à desflorestação e à procura da gestão e uso sustentável das florestas por parte da sociedade (*cf.* Thiele, 2013). Todavia, a partir do momento em que a sociedade se apercebeu que, mais cedo ou mais tarde, todos sofreremos as consequências das nossas ações (e inações) – e que essas consequências ultrapassam fronteiras geográficas e geracionais – o desenvolvimento de conceitos e perspetivas que ajudaram na construção do conceito de *sustentabilidade* adquiriram crescente popularidade (Zore *et al.*, 2017). Nesse sentido, Marsh (*in* Thiele, 2013) lançou o seu livro “*Man and Nature*”, no qual faz um alerta à sociedade, relativo ao risco de imprudência e à necessidade de precaução sempre que os humanos interferirem na forma como se apresenta a natureza. Mais tarde, no final dos anos 1980, Gifford Pinchot, conhecido como “*father of the conservation*” (Thiele, 2013: 16), afirmou que “*the central thing for which conservation stands is to make this country the best possible place to live in, both for us and for our descendants. It stands against the waste of natural resources which cannot be renewed, such as coal and iron; it stands for the perpetuation of the resources which can be renewed, such as food-producing soils and the forests; and most of its stands for an equal opportunity for every American citizen to get his fair share of benefit from this resources, both now and hereafter*” (Pinchot, 1910: 19). Este autor (*i.e.*, Pinchot), apesar de se referir à necessidade de conservação de recursos, consegue contribuir com grande parte das suas palavras para a ideia que atualmente temos de sustentabilidade.

Muir (*in* Thiele, 2013) complementou a perspetiva da preservação de Pinchot (1910), pois defendia que a natureza só por si era muito valiosa e que, por isso, devíamos conservá-la. Outro autor que abordou este tema foi Leopold (*in* Thiele, 2013), que, conjuntamente com Pinchot (1910), contribuiu para o conceito da gestão eficiente com vista à conservação dos recursos naturais. Na prática, foram estes os principais autores das raízes do conceito de sustentabilidade, através dos seus contributos relativos à necessidade

de conservação e preservação dos recursos naturais. No entanto, novas tendências, como os avanços tecnológicos e o elevado crescimento populacional, levaram à emergência de novas preocupações e, por conseguinte, ao desenvolvimento do conceito de sustentabilidade noutras dimensões mais atuais.

Juntando muitas dessas preocupações, os autores do *best-seller* “*The Limits to Growth*” (ver Meadows *et al.*, 1972) decidiram estudar as consequências do aumento populacional, da poluição e dos consumos exagerados de recursos naturais. Neste livro, pela primeira vez, o desafio de sustentabilidade foi estudado, não só através de práticas isoladas, como era o caso da gestão florestal, mas sim como um sistema completo. A conclusão a que Meadows *et al.* (1972: 24) chegaram foi que “*if the present growth trend in the world population, industrialization, pollution, food production, and resource depletion continue unchanged, the limits to growth on this planet will be reached sometime within the next one hundred years. The most probable result will be a rather sudden and uncontrollable decline both population and industrial capacity*”. Esta obra não foi poupada a críticas, principalmente por parte de autores mais positivistas, que acreditavam na capacidade humana para desenvolver tecnologias que evitassem o alcance dos limites do planeta. Um bom exemplo disto foi Simon (*in* Thiele, 2013), que argumentou que o crescimento populacional acelerado que se verificava, significava mais mentes para resolver problemas e desenvolver tecnologias.

30 anos após o lançamento do livro, Meadows *et al.* (1972) responderam às críticas, argumentando que as previsões que fizeram estavam a verificar-se, pois os recursos naturais continuavam a diminuir, a poluição a aumentar e a sociedade estava cada vez mais próxima de atingir os limites do planeta.

Em 1980, a *World Conservation Union* (WCU) reuniu-se para discutir a necessidade de gerir recursos naturais (*i.e.*, ar, água, solos, minerais e espécies, incluindo o Homem), no sentido de atingir uma qualidade de vida sustentável. Em 1980, este mesmo grupo desenvolveu um documento chamado “*World Conservation Strategy*” (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources et al.*, 1980), que foi a primeira publicação que utilizou o termo sustentabilidade. Já em 1987, a *World Commission on Environmental and Development* (WCED), que pertence à Organização para as Nações Unidas (ONU) publicou o *Brundtland Report*. Este documento ficou conhecido pela divulgação da definição de sustentabilidade, que ainda hoje é a mais popular, pois destaca a necessidade de atender às necessidades do presente, sem comprometer as gerações futuras.

Apesar de este conceito ser naturalmente aceite, não deixa de ser alvo de críticas. Em particular, segundo Thiele (2013), não especifica de quem são as necessidades a ser satisfeitas e de quem é o bem-estar futuro que está em causa. É aqui que se realça a ideia de que a sustentabilidade engloba o bem-estar de todos, e não só daqueles que estão diretamente envolvidos na prática, empresa ou relação, mesmo sendo pessoas ou outras espécies distantes do tempo ou espaço. Parece evidente, desta forma, que apesar de muitos anos de estudo da dimensão e conceito de sustentabilidade, esta temática está intimamente ligada à mudança e, por isso, a sua definição está em constante evolução. Neste sentido, e numa perspetiva mais recente, Thiele (2013: 4) define sustentabilidade como “*an adaptive art wedded to science in service to ethical vision. It entails satisfying current needs without sacrificing future well-being through the balanced pursuit of ecological health, economic welfare, social empowerment and cultural creativity*”.

A sustentabilidade assenta, tradicionalmente, num modelo integrante de três componentes – social, ambiental e económica – também conhecido como *Triple Bottom Line* (TBL). No caso das empresas, isto significa que se devem esforçar, no sentido de promover um impacto positivo a nível ambiental e social, da mesma forma que se esforçam para ter retornos financeiros (Bhamra *et al.*, 2018). No entanto, este tripé sugere que a sustentabilidade requer um balanceamento rígido e estático (*cf.* Thiele, 2013). É nesse sentido que vários autores (*e.g.*, Thiele, 2013; Biswas *et al.*, 2018; Depken e Zeman, 2018) apostam em novas dimensões de sustentabilidade. Thiele (2013), por exemplo, integra a criatividade cultural como quarta componente da sustentabilidade, com o intuito de sublinhar a necessidade de resposta à mudança para permanecer no futuro. A sustentabilidade pede imaginação e inovação e, segundo Bhamra *et al.* (2018: 231), “*despite the risks involved, innovating in the quest for sustainability and successfully implementing environmentally and socially viable development practices can earn businesses significant rewards*”. Por conseguinte, a sustentabilidade económica, social e ambiental é um desafio atual e, cada vez mais, fulcral para todos, tanto a nível de investigação, como governamental e empresarial, apesar da sua aplicação prática diferir (Bhamra *et al.*, 2018).

Questões como: “*Who is going to save or sustain our planet for the future generations?*”; “*Who is going to pay for the proper maintenance of the planet?*”; e “*Can sustainable energy developments be an engine for (un) sustainable future?*” têm gerado um amplo debate relativo à dimensão ambiental da sustentabilidade (Vidadili *et al.*, 2017). De facto, os padrões insustentáveis de produção e o consumo de energia em todo o mundo

ameaçam não só a saúde humana e a sua qualidade de vida, mas também os ecossistemas. Além disso, constituem a grande causa das mudanças climáticas a que se assiste, pelo que o desafio de transição e eficiência energética é um dos mais atuais e urgentes no domínio da sustentabilidade (cf. Vidadili *et al.*, 2017).

A literatura relativa ao tema da *energia* é bastante vasta devido aos inúmeros estudos feitos nesta área. O conceito de energia, apesar de ter evoluído, não se alterou significativamente. No entanto, parece evidente uma diversificação e evolução a nível das formas e fontes de energia.

As fontes de energia podem ser classificadas conforme a sua capacidade natural de reposição dos recursos, pelo que existem fontes renováveis e não-renováveis (Harjanne e Korhonen, 2019). As fontes renováveis de energia, como o próprio nome indica, são aquelas que possuem a capacidade de serem repostas naturalmente, o que não significa que todas elas sejam inesgotáveis. Algumas delas, como o vento e a luz solar, são permanentes, mas outras, como a água, podem acabar, dependendo da forma como o ser humano faz uso dessas fontes. Por outro lado, as fontes não-renováveis são aquelas que poderão esgotar-se num futuro relativamente próximo, normalmente associadas aos combustíveis fósseis. A evolução e diversificação das fontes e as formas de energia tem sido visível ao longo dos séculos e é, por muitos estudiosos, denominada de transição energética (*e.g.*, Vidadili *et al.*, 2017; Fischer-Kowalski *et al.*, 2018; Hentschel *et al.*, 2018; Yuan *et al.*, 2018; Evensen *et al.*, 2018). O Homem começou por recorrer à sua própria energia e à da luz solar, passando depois para a energia do combustível lenhoso, da tração animal, da força da água e do vento. Mais tarde, passou a recorrer ao uso dos combustíveis fósseis (Chabrol, 2016). Descobrir, controlar e utilizar a energia permitiu ao Homem evoluir de uma vida primitiva. Atualmente, 80% do consumo energético no mundo continua a basear-se na exploração de combustíveis fósseis (Vidadili *et al.*, 2017). Neste domínio, importa referir que Portugal produz apenas 15% da energia que consome, tornando-se num dos países mais dependentes da utilização de energias fósseis importadas. De facto, Portugal apresenta valores bastante elevados no que toca ao consumo de energias fósseis, nomeadamente: petróleo (43%) e gás natural (20%) (PORDATA, 2016). Isto tem impacto direto na segurança energética, uma vez que o custo dos combustíveis fósseis importados encarece a produção de bens e serviços em território nacional.

Para além dos impactos de natureza económica, a utilização pouco eficiente da energia traduz-se em ameaças preocupantes, tanto a nível social como a nível ambiental (Ibrahim e Younes, 2018). Neste sentido, surgiu a urgência de uma nova fase no processo

de transição energética (*i.e.*, o progresso para a energia sustentável). Esta fase surge intimamente ligada às tendências de sustentabilidade e das preocupações que a ela estão associadas. Davidson (2002: 145) propôs a seguinte definição de energia sustentável: “*sustainable energy is defined as energy providing affordable, accessible and reliable energy services that meet the economic, social and environmental needs within the overall developmental context of the society for which the services are intended, while recognizing equitable distribution in meeting those needs*”.

Atualmente, as empresas e o público em geral começam a entender que é fundamental a aceleração deste processo de transição energética, cujos maiores desafios propostos são a eficiência no consumo de energia e o aproveitamento do potencial das energias renováveis (Vidadili *et al.*, 2017). Portugal já integrou este processo de transição energética, bastando analisar o facto de as fontes energéticas a que Portugal recorre terem vindo a alterar-se. Veja-se, por exemplo, o caso do peso atribuído ao consumo de energia cuja fonte é renovável, que passou de 14% em 2000 para 25% em 2016 (PORDATA, 2016).

A eficiência energética e o progresso para as energias renováveis são desafios atuais e urgentes no domínio da sustentabilidade (*cf.* Vidadili *et al.*, 2017). A transição para um sistema energético social, ambiental e economicamente sustentável torna-se um imperativo para o futuro das organizações, visto que “*no planet, no business is possible*” (Ormazabal *et al.*, 2018: 158). Neste sentido, as PME são fundamentais neste processo (*i.e.*, transição energética) (*cf.* Paramonova e Thollander, 2016), visto que representam cerca de 99% do tecido empresarial da UE (Filipe *et al.*, 2016) e consomem mais de 13% da energia mundial (Prashar, 2017b). A contribuição das PME para a sustentabilidade passa, essencialmente, pela racionalidade na utilização energética (Paramonova e Thollander, 2016), seja através da substituição gradual dos combustíveis fósseis por energias mais limpas, seja através da procura da eficiência energética nos consumos diários. Torna-se assim fundamental estudar os impactos das alterações energéticas na sustentabilidade das PME.

2.2. Impacto das Alterações Energéticas na Sustentabilidade das PME

O setor empresarial, principalmente a indústria, é o maior consumidor de energia ao nível da UE (*cf.* Borozan, 2018). Como tal, este setor sofre de uma crescente pressão a vários níveis, no sentido de integrar a gestão energética na sua estratégia e operações. O Governo é o responsável pela primeira grande pressão a surgir neste sentido. No entanto, a

comunidade e o mercado passaram a ser determinantes, principalmente nos países mais desenvolvidos, devido à sua participação ativa na proteção ambiental (Zorpas, 2010). Parece evidente, deste modo, que, face ao atual cenário energético, a integração da dimensão energética na atividade de gestão das empresas constitua um imperativo, ainda que sejam consideradas em número pouco expressivo as empresas que desenvolveram ou implementaram um plano estratégico para a energia (Shields e Shelleman, 2015).

Embora ainda longe de ser conhecida a forma de ultrapassar este problema, no curto e médio prazo, conjuntos de medidas têm sido desenvolvidas, passando estas pela procura de fontes de energia alternativas, nomeadamente as energias renováveis e pelo aumento da eficiência da utilização das energias disponíveis (Gökgöz e Güvercin, 2018). A eficiência energética definida como o uso de menos energia, de modo a atingir o mesmo (ou melhor) nível de serviço (Stephenson *et al.*, 2010), é imprescindível para diminuir os valores de intensidade energética mundial, bem como para gerar melhores resultados económicos. A eficiência energética acaba, assim, por constituir uma excelente oportunidade para as empresas, criando valor real para o negócio que é complementado pelos benefícios trazidos para a sociedade e para o ambiente. Além disso, a procura de fontes de energia renováveis, em vez dos tradicionais combustíveis fósseis, reduz a exposição da economia à evolução de preços da energia nos mercados internacionais, facilitando o cumprimento de outras metas relacionadas com a sustentabilidade (Gökgöz e Güvercin, 2018).

Apesar das energias renováveis e da eficiência energética trazerem benefícios a nível mundial e empresarial, as empresas têm apresentado entraves e/ou processos de adaptação lentos a esta realidade, principalmente as PME (Prashar, 2017b). Estes entraves à eficiência energética, definidos como “*a postulated mechanism that inhibits investments in technologies that are both energy efficient and (at least apparently) economically efficient*” (Trianni e Cagno, 2012: 495), têm sido objeto de estudos recentes, com o intuito de acelerar o processo de adaptação das PME às novas realidades energéticas. Segundo Sorrell *et al.* (2000) (*in* Trianni e Cagno, 2012), os entraves das empresas à eficiência energética podem ser classificados em três grandes categorias: económicos, organizacionais e comportamentais. Inseridas em cada uma destas três categorias, podemos encontrar diversas barreiras a que as empresas fazem face, tal como detalhado na *Tabela 1*.

THEORETICAL FRAMEWORK	THEORETICAL BARRIER	COMMENT
ECONOMIC NON-MARKET FAILURE	<i>Heterogeneity</i>	<i>A technology or measure may be cost-efficient in general, but not in all cases.</i>
	<i>Hidden costs</i>	<i>Examples of hidden costs are overhead costs, cost of collecting and analyzing information.</i>
	<i>Access to capital</i>	<i>Limited access to capital may prevent energy efficiency measures from being implemented.</i>
	<i>Risk</i>	<i>Risk aversion may be the reason why energy efficiency measures are constrained by short pay-back criteria.</i>
ECONOMIC MARKET FAILURE	<i>Imperfection Information</i>	<i>Lack of information may lead to cost-effective energy efficiency measures opportunities being missed.</i>
	<i>Split incentives</i>	<i>If a person or department cannot gain from energy efficiency investments it is likely that implementation will be of less interest.</i>
	<i>Adverse selection</i>	<i>If suppliers know more about the energy performance of goods than purchasers, the purchasers may select goods on the basis of visible aspects such as price.</i>
BEHAVIORAL	<i>Bounded rationality form of information</i>	<i>Instead of being based on perfect information, decisions are made by rule of thumb. Research has shown that the form of information is critical. Information should be specific, vivid, simple, and personal to increase its chances of being accepted.</i>
	<i>Credibility and trust</i>	<i>The information source should be credible and trustworthy in order to successfully deliver information regarding energy efficiency measures. If these factors are lacking this will result in inefficient choices.</i>
	<i>Inertia</i>	<i>Individuals who are opponents to change within an organization may result in overlooking energy efficiency measures that are cost-efficient.</i>
	<i>Values</i>	<i>Efficiency improvements are most likely to be successful if there are individuals with real ambition, preferably represented by a key individual within the top management.</i>
ORGANIZATIONAL	<i>Power</i>	<i>Low status of energy management may lead to lower priority of energy issues within organizations.</i>
	<i>Culture</i>	<i>Organizations may encourage energy efficiency investments by developing a culture characterized by environmental values.</i>

Tabela 1. Classificação das Barreiras à Eficiência Energética Baseadas em Sorrell et al.

Fonte: Trianni e Cagno (2012: 495).

Na prática, há barreiras que são difíceis de ser investigadas nas PME, ou que não fazem sentido nesta categoria de empresas. Podemos considerar, por exemplo, “*principle-agent relationship*”, “*split initiatives*” e “*power*” como barreiras cujo nível de complexidade é demasiado elevado para serem aplicadas à maioria das PME (Trianni e Cagno, 2012). Tendo em conta este panorama na área da energia, foram recentemente implementadas, em Portugal, políticas públicas que se baseiam num documento principal (*i.e.*, Estratégia Nacional para a Energia (ENE) 2020). A agenda da ENE tem como horizonte o ano de 2020 e está enquadrada no âmbito da UE. Os objetivos das políticas energéticas presentes no ENE2020 proporcionam boas oportunidades de desenvolvimento às PME, como é o caso de políticas de financiamento, promoção da realização de auditorias energéticas para a caracterização dos consumos e medidas a implementar, políticas de benefícios fiscais e financeiros avaliados pela redução da intensidade carbónica e acordos específicos de eficiência energética para a indústria.

Cada vez mais, investigadores na área da energia, sustentabilidade e ambiente consideram as PME como uma categoria separada e com características distintas das grandes empresas (Meath *et al.*, 2016). Neste sentido, surgem cada vez mais estudos com o intuito de integrar realidades energéticas nas PME. Assim sendo, importa conhecer e compreender quais os estudos já existentes nesta área, como também os seus contributos e limitações.

2.3. Estudos Relacionados: Contributos e Limitações

O leque de estudos no campo da energia e respetivos desafios é bastante vasto. Visto que o setor empresarial é o maior consumidor de energia (Borozan, 2018), os impactos energéticos neste setor são uma tendência central no que toca à investigação (Meath *et al.*, 2016). Mais recentemente, surge a necessidade de considerar as PME como uma categoria separada de debate, como podemos constatar pela seguinte afirmação de Meath *et al.* (2016: 3598): “*in the broader sustainability and environment field, researchers have recently identified SMEs as a separate category of debate, with distinguishable characteristics to large businesses*”.

Neste sentido, vários estudos (*e.g.*, Buysse e Verbeke, 2003; Aragón-Correa *et al.*, 2008) constataram que o tamanho de uma empresa tem um impacto significativo na sua adoção de práticas ambientais e energeticamente eficientes. Apesar de, atualmente, os

investigadores reconhecerem as PMEs como um grupo distinto, ainda são poucos os que promovem a adoção de medidas de eficiência energética neste grupo de empresas (Meath *et al.*, 2016). No entanto, essa minoria de autores pode ser agrupada em duas categorias principais, nomeadamente: (1) aqueles que estudam as barreiras e as motivações ao processo de adaptação das PMEs à realidade energética; e (2) aqueles que analisam as formas de influenciar e auxiliar esta categoria de empresas a integrar políticas energéticas na sua atividade operacional e estratégica. A *Tabela 2* identifica alguns desses estudos, bem como os seus autores, os métodos utilizados e as respetivas contribuições e limitações.

AUTOR	MÉTODO	CONTRIBUIÇÃO	LIMITAÇÕES RECONHECIDAS PELOS AUTORES
Côté <i>et al.</i> (2006)	<i>Checklist of eco-efficiency</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Checklist</i> com 35 potenciais ações que servem de base para determinar o nível de <i>eco-efficiency</i> das empresas, constituindo uma ferramenta simples para as PMEs; ▪ O número médio de ações em que as PMEs de Nova Escócia, Canadá, estão integradas é apenas 9 das 35 ações potenciais; ▪ Os níveis de <i>eco-efficiency</i> são muito baixos a nível das PMEs nos vários setores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicado apenas em Nova Escócia, Canadá, não havendo, por isso, um modelo geral.
Wang <i>et al.</i> (2009)	<i>Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilização de múltiplos critérios e atributos para decisões mais racionais e informadas no campo dos sistemas de sustentabilidade energética; ▪ A eficiência, custo do investimento, emissão de CO2 e criação de postos de trabalho são os critérios mais comuns nos atributos técnicos, económicos, ambientais e sociais, respetivamente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo não consegue captar na totalidade a ambiguidade do processo de escolha e tomada de decisão.
Stephenson <i>et al.</i> (2010)	<i>Exploratory study</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilização de sistemas e teorias comportamentais para entender os fatores que influenciam as decisões relativas ao consumo de energia e o seu impacto na adoção de práticas mais eficientes; ▪ Comportamento é influenciado pela interação entre “<i>material culture</i>”, “<i>energy practices</i>” e “<i>cognitive norms</i>”; ▪ Modelo que parte da identificação de <i>clusters</i> de “<i>energy cultures</i>” – <i>i.e.</i>, padrões semelhantes de normas, práticas e tecnologias – como ferramenta para ajudar na elaboração de intervenções e incentivos mais eficazes orientados para culturas energéticas específicas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de validação empírica; ▪ Necessidade de um número fixo de <i>clusters</i>; ▪ Assume que o comportamento é estável e as normas, práticas e tecnologias estão alinhadas.

Fleiter <i>et al.</i> (2012)	<i>Multivariate regression analysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investiga os fatores que conduzem à adoção de medidas de eficiência energética nas PMEs; ▪ O elevado investimento e a falta de capital são os fatores que maior significância estatística apresentam na adoção de medidas de eficiência energética, mesmo que sejam rentáveis; ▪ A qualidade das auditorias energéticas afetam a adoção de medidas de eficiência energética. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicado apenas na Alemanha, não havendo por isso, um modelo geral; ▪ Modelo não consegue integrar na totalidade os fatores que conduzem à adoção de medidas de eficiência energética.
Trianni e Cagno (2012)	<i>Exploratory study</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Barreiras à integração da eficiência energética nas PMEs; ▪ Necessidade de considerar o tamanho (microempresas, pequenas empresas e médias empresas) e setores separadamente, devido aos diferentes comportamentos na percepção de barreiras à eficiência energética; ▪ A anterior adoção de práticas de eficiência energética leva a uma menor percepção das barreiras; ▪ Estudo das correlações entre as várias barreiras. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não se comparam as barreiras percebidas pelas PMEs e as que são, verdadeiramente, enfrentadas; ▪ Necessidade de ajustar as barreiras a cada empresa; ▪ A necessidade do estudo das características das PMEs e das suas verdadeiras fraquezas, no que respeita à eficiência energética, exige um extenso estudo devido à necessidade de separação por tamanhos e setores.
Shields e Shelleman (2015)	<i>Sustainability Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aceleração do processo de adaptação por parte das PMEs à integração da sustentabilidade na sua estratégia e operações; ▪ Estudo das razões que levam as PMEs a esta adaptação lenta, nomeadamente: (1) falta de estrutura organizacional; (2) falta de recursos sejam eles humanos ou financeiros; (3) falta de pressão de <i>stakeholders</i> externos; (4) restrições de tempo dos proprietários; (5) falta de conhecimento e informação; e (6) culturas e subculturas; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A <i>sustainability SWOT</i> não é suficiente num processo de planeamento estratégico; ▪ Este método é mais adequado a PMEs de reduzida dimensão; ▪ Foco, maioritário, na sustentabilidade ambiental; ▪ Falta de auxílio às PMEs na escolha dos elementos que devem integrar a matriz SWOT

Paramonova e Thollander (2016)	'Snowball' method, Semi-structured interviews, Quantitative survey study	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo de "energy-efficiency network", ou seja, duas ou mais empresas formam um grupo, coordenado por uma entidade externa para partilhar experiências e trocar conhecimento relativamente à eficiência energética; ▪ Este tipo de colaboração permite ajudar as PME's a ultrapassar barreiras típicas como a falta de informação e a falta de recursos pois permite reduzir custos, minimizar riscos e criar alertas acerca da importância da eficiência energética. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicado apenas na Suécia, não havendo por isso, um modelo geral para energy-efficiency network; ▪ Os autores não definem os métodos para avaliar uma energy-efficiency network.
Meath et al. (2016)	Case study	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifica as barreiras e motivações à adoção de medidas de poupança energética nas PME's; ▪ Foram identificadas cerca do triplo de motivações (134) comparativamente a barreiras (66); ▪ Identifica fatores chave para a criação de programas de eficiência energética para as PME's. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A amostra de PME's escolhida pode não refletir a realidade deste tipo de empresas pois foram escolhidas PME's que se preocupam com a inovação; ▪ Estudo das barreiras e motivações isoladamente.
Henriques e Catarino (2016)	Sustainable Value Methodology (SVM)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Principais barreiras, motivações e formas de ultrapassar barreiras alocadas por setor e dimensão, em Portugal; ▪ É essencial ter em conta: (1) tamanho da empresa; (2) setor de atividade; (3) intensidade energética; e (4) estruturas organizacionais, de modo a desenvolver modelos mais específicos tendo em conta os desafios a que cada empresa faz face. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de validação empírica.

Prashar (2017a)	<i>Plan, Do, Check and Act (PDCA)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apresentação de um sistema de gestão de energia (EnMS) através do ciclo PDCA, no sentido de atingir eficiência energética e uma produção de energia limpa; ▪ O sistema proposto cria versatilidade na melhoria dos sistemas processos e atividades de uma empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Este sistema foi validado com base numa única PME; ▪ Não foram medidos os resultados da implementação a nível financeiro, apenas a nível de consumo energético.
Prashar (2017b)	<i>Hypothetical-deductive methodology</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo validado que se baseia em três elementos: (1) características e dimensões da eficiência energética; (2) nível de maturidade em eficiência energética; e (3) método de implementação adaptado do “zero defect zero effect”; ▪ Permite uma visão contínua e exaustiva do perfil de maturidade nas dimensões da eficiência energética, assim como fornecer um plano de crescimento personalizado, integrando o ciclo de feedback para melhoria contínua. ▪ Promove a adoção de uma orientação estratégica e do envolvimento de toda a empresa no planeamento e implementação de práticas de eficiência energética. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apesar de os autores garantirem ser um modelo aplicável a qualquer tipo de empresa, foi desenvolvido e testado apenas para a indústria; ▪ Necessidade de ser testado noutras categorias de empresas para garantir a validade do estudo.
Dinçer <i>et al.</i> (2019)	<i>Balanced Scorecard (BSC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Método que auxilia na definição das políticas de investimento energético na Europa, de modo a conduzir a operações energéticas mais eficiências e a melhorias no setor energético; ▪ Aumentar a capacidade de produção energética europeia é considerado o fator mais importantes nas políticas europeias. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de comparação com os restantes continentes; ▪ Falta de comparação dos países, mesmo dentro da Europa.

Tabela 2. Contributos na Área e Respetivas Limitações

A maioria das políticas e programas de eficiência energética são desenhados para as grandes empresas e não para as PMEs (Meath *et al.*, 2016). Com efeito, desenvolver e implementar estes programas para PMEs é mais complicado, na medida em que esta categoria de empresas é muito heterogénea. Neste sentido, são vários os autores que exploram as motivações e os entraves das PMEs à integração dos desafios energéticos nas suas realidades (*e.g.*, Côté *et al.*, 2006; Trianni e Cagno, 2012; Henriques e Catarino, 2016; Zorpas, 2010). Ao mesmo tempo, os investigadores da área marcam uma tendência no desenvolvimento de métodos e ferramentas com o intuito de facilitar esta análise e a integração destas políticas e programas. Parece ficar claro, neste contexto, que há variadíssimas sugestões de modelos prontos a aplicar pelas PMEs, no sentido de integrarem a dimensão energética no seu planeamento e contexto. Ainda assim, é necessário entender, antes disso, o tipo de empresa de que estamos a falar, em função da sua dimensão, setor e propensão para a adoção de medidas de eficiência energética.

A *Tabela 2* dá a conhecer parte de um grande portfólio de modelos que foram surgindo ao longo dos anos na integração da dimensão energética e sustentável nas PMEs. Apesar de parte dos modelos apresentados ter sido validado empiricamente, nenhum deles está isento de limitações. Como tal, torna-se relevante compreender quais as limitações metodológicas gerais, no sentido de as procurar colmatar no âmbito do presente estudo.

2.4. Limitações Metodológicas Gerais

O estudo integrado dos impactos das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs é ainda muito recente. Como referido, são ainda poucas as PMEs a considerar a dimensão energética nas suas realidades e, nesse sentido, não existem abordagens ou modelos isentos de limitações, havendo desafios difíceis de contornar na integração da vertente energética na atividade das PMEs. Com base na *Tabela 2*, é possível evidenciar que as limitações gerais podem ser agrupadas em duas categorias principais, nomeadamente: (1) forma pouco clara como se analisam as relações de causa-e-efeito entre os determinantes de sustentabilidade, energia e PMEs; e (2) ausência de estudos destinados à análise dinâmica entre as variáveis.

Neste sentido, pretendemos que o estudo do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs, no âmbito da presente dissertação, permita um avanço no ainda limitado estudo deste tema. Para o efeito, será adotada uma postura construtivista, através

da combinação do mapeamento cognitivo *fuzzy* e com a abordagem *System Dynamics*, metodologias reconhecidas por aumentarem a transparência em processos de decisão onde existem múltiplos critérios e conflito de interesses, bem como por permitirem análises dinâmicas do comportamento das variáveis (*cf.* Smith e Shaw, 2018).

SINOPSE DO CAPÍTULO II

Este segundo capítulo introduziu conceitos-base relativos ao tema da presente dissertação, tais como: PME; sustentabilidade; e energia. De seguida, procurámos explicar a importância das alterações energéticas, que enfrentamos, atualmente, para sustentabilidade das PMEs. Apesar de muitos investigadores não fazerem distinção entre a dimensão das empresas, mais recentemente, constatou-se que, no campo da sustentabilidade e da energia, este fator tem um impacto significativo na adoção de práticas de eficiência energética. Nesse sentido, foi possível constatar que a realidade energética é hoje um imperativo para o contexto empresarial, seja pela pressão dos governos, dos mercados ou da própria sociedade. Destacaram-se duas grandes medidas, no sentido de adaptação aos desafios inerentes ao contexto energético: (1) a eficiência energética; e as (2) fontes de energia renováveis. Tal como demonstrado no *ponto 2.2*, o processo de adaptação das PMEs a estes desafios tem sido muito lento, sendo este o ponto de partida da maioria dos estudos nesta área. Se, por um lado, há a necessidade de entender as barreiras e as motivações das PMEs à mudança, por outro lado, há a necessidade de acelerar o processo através do desenvolvimento de modelos e ferramentas que auxiliem as PMEs no processo de implementação da eficiência energética e das energias renováveis nas suas realidades. Todavia, ficou claro que, apesar das dificuldades, as principais causas apontadas pelos autores como barreiras à introdução da eficiência energética e das energias renováveis nas PMEs são o acesso a recursos, sejam eles financeiros ou humanos, assim como a falta de informação, apesar de muitas outras serem apontadas na literatura. Relativamente às motivações das PMEs para integrar os desafios energéticos nas suas realidades podemos destacar, por um lado, o interesse financeiro e, por outro lado, interesses de marketing. Todavia, apesar dos progressos assinalados na área, existem limitações gerais nestes modelos, que podem ser agrupadas em duas categorias principais: (1) forma pouco clara como se analisam as relações de causa-e-efeito entre os determinantes de sustentabilidade, energia e PMEs; e (2) ausência de estudos destinados à análise dinâmica entre as variáveis. Com a preocupação de transformar as críticas em oportunidades de melhoria, bem como de colmatar as falhas metodológicas encontradas, recorrer-se-á à complementaridade de métodos, nomeadamente: mapeamento cognitivo *fuzzy* e abordagem *System Dynamic*, de forma a apresentar um modelo mais informado sobre o impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs.

Os desafios e a complexidade que a sociedade contemporânea enfrenta acarretam inúmeros problemas e a necessidade crescente de os resolver. Conforme referido anteriormente, um dos grandes desafios enfrentados atualmente são as alterações energéticas. Nesse sentido, a presente dissertação procura conceber um modelo de análise do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs. Tendo em conta os contributos já existentes nesta área e as respetivas limitações, o presente estudo recorre à combinação de mapas cognitivos *fuzzy* com a abordagem *System Dynamics*, por forma a colmatar algumas dessas mesmas limitações. Por conseguinte, o presente capítulo começa por apresentar as convicções epistemológicas, seguindo-se um enquadramento da cognição humana e da estruturação de problemas complexos, com especial ênfase nos mapas cognitivos *fuzzy*. Por fim, é apresentada a abordagem *System Dynamics*, destacando-se os benefícios e as limitações das metodologias adotadas, assim como os seus potenciais contributos para a análise das alterações energéticas.

3.1. Enquadramento Epistemológico

Os métodos tradicionais de investigação operacional assentam em perspetivas objetivas e quantitativas, sendo mais apropriados para problemas que sejam facilmente estruturados e compreendidos (Smith e Shaw, 2018). Múltiplos investigadores (*e.g.*, Ackoff, 2010; Rittel e Webber, 1973, Mingers e Rosenhead, 2004) alertam, no entanto, para o facto de que os problemas mais estratégicos para a sociedade são, frequentemente, mal estruturados. Mingers e Rosenhead (2004: 531) caracterizam os problemas mal estruturados pela existência de “*multiple actors, multiple perspectives, incommensurable and/or conflicting interests, important intangibles, key uncertainties*”.

Neste contexto, na década de 1970, desencadeou-se uma crise na utilização dos métodos de investigação operacional tradicional, devido à sua incapacidade de acompanhar a complexidade e a falta de estruturação dos problemas que a sociedade enfrentava

(Freeman e Yearworth, 2017). Assim, no sentido de atender às particularidades destes problemas, emergiram novas abordagens com diferentes métodos de análise e visões filosóficas dos problemas, que se denominam de *Problem Structuring Methods* (PSMs) (Smith e Shaw, 2018).

Conforme Smith e Shaw (2018: 1), PSMs são “*qualitative approaches for making progress with ill-structured problems*”. Para Freeman e Yearworth (2017: 51), constituem “*a set of methods that are designed to work with and improve the functioning of ‘people systems’*”. Geralmente, os PSMs consistem num processo através do qual se estabelecem visões partilhadas dos problemas e a sua estruturação é realizada com base na partilha de diversos pontos de vista e de técnicas de modelagem, trabalho de grupo e análise (cf. Freeman e Yearworth, 2017). Estes métodos oferecem representações de situações (*i.e.*, modelos) que permitem aos participantes clarificar as suas dificuldades e pontos de vista, convergir para um problema mútuo e partilhar compromissos que os ajudarão a resolver esse mesmo problema (Mingers e Rosenhead, 2004).

Dado o exposto, é compreensível que os PSMs oferecem um complemento aos métodos de investigação operacional tradicional, que pressupõem que a realidade pode ser objetivamente modelada para identificar maneiras eficientes de atingir objetivos bem especificados (White, 2009). Com efeito, os PSMs assumem pontos de vista interpretativos e construtivistas, percebendo que as situações são construídas de modo diferente por pessoas diferentes e, portanto, são subjetivas e requerem participação (Smith e Shaw, 2018). Por conseguinte, o carácter limitado dos modelos tradicionais de resolução de problemas complexos, baseados na pura objetividade, deu origem a um novo paradigma de aprendizagem e construtivismo (Smith e Shaw, 2018).

Os PSMs estão intimamente conectados ao construtivismo, à aprendizagem pela participação e à integração de elementos objetivos e subjetivos e sua inseparabilidade (Santos *et al.*, 2002). Conforme refere Dias (2012: 37), o construtivismo baseia-se na “*não utilização de modelos pré-estabelecidos, salientando a criação estruturada de modelos relativos à elaboração e projeção de preferências ou julgamentos de valor. Na prática, a base desta via consiste em considerar os conceitos, modelos, procedimentos e resultados como ferramentas úteis para o desenvolvimento e para a evolução das convicções, ou seja, não é assumida uma visão pré-determinista, mas uma visão evolutiva e construtivista a partir da qual se chega a soluções consensuais*”. Assim, o construtivismo tem como base a existência de modelos apoiados em preferências e juízos de valor, que permitem avançar progressivamente atendendo aos objetivos e valores dos participantes.

No que diz respeito à aprendizagem pela participação, muitos são os autores (*e.g.*, Robinson, 2001; Mingers e Rosenhead, 2004; Winterfeldt e Fasolo, 2009; Smith e Shaw, 2018) que enfatizam a participação e a compreensão compartilhada, através do diálogo e da troca de pontos de vista, como fonte de informação para as conclusões que possam suceder no processo de decisão e também para aprendizagem individual de cada um dos participantes. Quanto à integração de elementos objetivos e subjetivos no processo de decisão, a mesma deve existir para estabelecer uma visão mais realística e holística do processo de decisão (Ferreira, 2011). Face ao exposto, importa entender de que maneira a cognição humana pode ajudar na estruturação de problemas de decisão complexos.

3.2. Cognição Humana e Estruturação de Problemas Complexos

Com a crescente necessidade de desenvolver soluções capazes de enfrentar os problemas complexos que compõem a atualidade, temos assistido a um grande investimento nos campos de raciocínio humano, de resolução de problemas e de tomada de decisão (Dostál, 2015). Sterman (2000: 2) parece corroborar esta informação, quando refere que: *“in a world of accelerating complexity and change, thoughtful leaders increasingly recognize that the tools we have been using have not only failed to solve the persistent problems we face, but may in fact be causing them”*. Neste contexto, a resolução de problemas complexos adquiriu uma expressão significativa a nível da investigação (*cf.* Stadler *et al.*, 2015; Rudolph *et al.*, 2018; Eichmann *et al.*, 2019; Buchner, 1995), tornando-se numa competência indispensável para a sociedade (Eichmann *et al.*, 2019).

Mayer (*in* Dostál, 2015: 2801) definiu a resolução de problemas como: *“a summary of the cognitive processes focused on the change of the given state to the final state where the solution procedure is not obvious”*. Para Buchner (*in* Rudolph *et al.*, 2018: 54), a resolução de problemas complexos *“is defined as the successful interaction with dynamic non-routine tasks through exploration and by integrating newly gained information”*. Como é possível constatar, os processos de cognição humana estão interrelacionados com a resolução de problemas (Rudolph *et al.*, 2018). Para Grillo *et al.* (2018: 699), a cognição humana *“is generally defined as a complex process that results from the interaction between the sensorimotor system and neurological structures responsible for individuals’ cognitive system”*. Deste modo, parece ficar claro que a cognição humana se exprime através do modo como os problemas são percebidos pelas pessoas e pela forma como,

naturalmente, a sua resposta é regulada e influenciada, originando ideias e pareceres distintos (Sponarski *et al.*, 2015).

As decisões baseadas na cognição humana podem ser vistas como uma oportunidade para a estruturação de problemas, pois, de acordo com Keeney (1996: 545), “*decision makers usually think of decision situations as problems to be solved, not as opportunities to be taken advantage of*”. Neste contexto, o uso da cognição humana, via mapas cognitivos, tem vindo a ganhar popularidade como ferramenta para estruturar e clarificar problemas complexos de decisão nas mais variadas áreas do conhecimento, principalmente devido à sua interatividade, simplicidade e versatilidade (*cf.* Ferreira *et al.*, 2012). Para uma melhor compreensão dos mapas cognitivos, o próximo ponto analisa o tema.

3.2.1. Mapas Cognitivos e Lógica Fuzzy

Como referido, PSMs são abordagens que facilitam a clarificação de problemas complexos e estratégicos. A abordagem *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) é uma das abordagens integrantes da família dos PSMs (*cf.* Mingers e Rosenhead, 2004). Para Mingers e Rosenhead (2004: 532), esta abordagem “*is a general problem identification method that uses cognitive mapping as a modelling device for eliciting and recording individuals` views of a problem situation*”.

A abordagem SODA desenvolveu-se a partir da necessidade de criar métodos de auxílio à resolução de problemas em grupo (Eden e Ackermann, 2001). O ponto-chave da mesma assenta no mapeamento cognitivo, que apesar das suas inúmeras interpretações funciona como estrutura epistemológica a partir da qual os indivíduos representam os seus pensamentos, experiências ou valores (Ferreira, 2011).

São inúmeras as definições que, com o decorrer dos tempos, foram surgindo no sentido de dar a conhecer os mapas cognitivos. Conforme referem Ferreira *et al.* (2017: 174), “*they help clarify complex decision problems, and structure them in an easy to grasp visual way, which facilitates communication and promotes mental associations*”. No mesmo sentido, Salmeron *et al.* (2018: 2) referem-se aos mapas cognitivos como “*a tool to understand and analyse complex systems that consist of interrelated concepts*”. Também Kireev *et al.* (2018: 228) realçam que “*a cognitive map is a model that shows experts` knowledge on the developing principles and features of the situation under analysis*”.

Alinhados com estas definições, Ferreira *et al.* (2012) afirmam que os mapas cognitivos têm três particularidades, (1) promovem a discussão entre os participantes envolvidos no processo de decisão; (2) permitem reduzir a taxa de critérios importantes omitidos; e (3) contribuem para uma compreensão mais profunda das relações causais entre critérios.

Face ao exposto, os mapas cognitivos constituem um método versátil, interativo e simples, utilizado em variadas áreas de conhecimento (*e.g.*, matemática, medicina e gestão). Este método pode ser considerado como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão e um facilitador de comunicação (Ribeiro *et al.*, 2017).

Operacionalmente, um mapa cognitivo é representado por conceitos organizados hierarquicamente e por ordem de importância, ligados por setas. Para Wisen *et al.* (2013: 45), “*concept refers to a transcribed word or group of words relating to one specific idea*”. O significado atribuído a um conceito é dado pela percepção que os decisores lhes concedem e pela sua relação com os restantes conceitos do problema (Eden e Ackermann, 2001).

No que toca às setas presentes nos mapas, estas caracterizam-se pelo seu sentido unidirecional e por estarem diretamente relacionadas com os conceitos. Isto ocorre porque o conceito que está na cauda da seta causa ou influencia o conceito que está na cabeça da seta (Eden, 1988). Contudo, importa referir que quando as setas são acompanhadas de um sinal negativo (–) indicam uma relação de causalidade negativa entre os dois conceitos, caso contrário referem-se a uma relação de causalidade positiva (Eden, 2004). A atribuição de sinais negativos tem como finalidade, por um lado, facilitar a conjugação de duas cadeias lógicas quando se cruzam e, por outro lado, dar maior flexibilidade ao mapeamento, acompanhando com maior precisão a interpretação que o decisor tem do problema (Eden e Ackermann, 2001).

A estruturação de um mapa cognitivo é desenvolvida de forma hierárquica. Neste sentido, no topo do mapa deve estar descrito o principal objetivo do problema de decisão, enquanto na sua base devem constar as suas potenciais soluções (Eden, 2004). A *Figura 1* exemplifica parte de um mapa cognitivo.

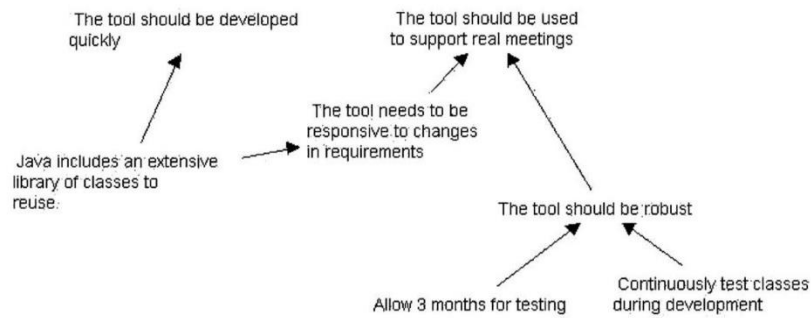


Figura 1. Exemplo Parcial de um Mapa Cognitivo

Fonte: Mackenzie et al. (2006: 160).

Os *fuzzy cognitive maps* (FCMs) surgem como uma extensão dos tradicionais mapas cognitivos, permitindo chegar mais longe no que diz respeito à estruturação de problemas complexos e dinâmicos. A paternidade deste conceito é atribuída a Kosko (1986), que combinou os mapas cognitivos com a lógica *fuzzy*. Conforme referem Nápoles et al. (2016: 156), “FCM are recurrent neural networks with learning capabilities, consisting of neural processing entities and signed weighted connections”.

Na prática, a grande diferença entre os mapas cognitivos e os FCMs é a forma como as relações causais entre variáveis são representadas, afirmação que Salmeron et al. (2018: 2) corrobora quando argumenta que “FCMs not only show the relationships using signs, but also each edge is associated with a weight. FCMs express relationships with fuzzy terms such as very low, low, medium, high, and very high”. A Figura 2 exemplifica um FCM.

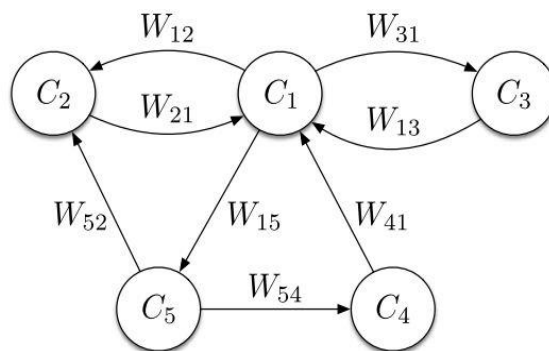


Figura 2. Exemplo de um FCM

Fonte: Salmeron et al. (2018: 2)

Como é possível constatar, num FCM existem nós e cada um deles representa um conceito (C_i). Cada conceito é caracterizado por *state values* (A_i), que quantifica o seu valor no intervalo $[0; 1]$, em que $A_i = 0$ significa que o conceito não está ativo no sistema e que $A_i = 1$ significa que o conceito está ativo na sua máxima extensão (Misthos *et al.*, 2017). Estes conceitos são ligados por setas ou arcos que, através de um peso (w_{ij}) definido por um número real no intervalo $[-1; 1]$, representam a relação de causalidade entre eles. Assim, se a relação de causalidade entre dois conceitos for positiva, então $w_{ij} > 0$. Se for negativa, então $w_{ij} < 0$. Quando não há relação entre os conceitos, $w_{ij} = 0$. Neste sentido, é perceptível que os valores de w_{ij} indicam o quanto um conceito (C_i) influencia outro (C_j) (*cf.* Salmeron *et al.*, 2018; Papageorgiou *et al.*, 2004).

Para além da representação gráfica, uma das vantagens dos FCMs é a possibilidade de serem representados de forma matemática (Stylios e Groumpos, 1998). Neste sentido, os FCMs podem ser representados por um *state vector* (A) e por uma *adjacent matrix* (W) (Ferreira, 2016). Conforme referem Puerto *et al.* (2019), nesta tipologia de mapeamento o *state vector* tem uma dimensão $[1 \times n]$, que abrange os valores de n conceitos (*i.e.*, *state values* A_i); e a *adjacent matrix* (W) de $[n \times n]$, que agrupa os pesos w_{ij} das interligações entre os n critérios. A diagonal principal da *adjacente matrix* pode apresentar valores diferentes de zero (*cf.* Kok, 2009; Salmeron, 2012). No entanto, geralmente, considera-se que apresenta todas as entradas da diagonal principal igual a zero, assumindo assim que nenhuma variável se causa a si própria.

No que toca ao *state value*, o seu valor é influenciado pelos valores dos conceitos interligados e pelo seu valor anterior (*cf.* Stylios e Groumpos, 1998; Ferreira, 2016), sendo que pode ser calculado através da fórmula matemática (1).

$$A_i^{(t+1)} = \left(A_i^{(t)} + \sum_{j \neq i}^n A_j^{(t)} \cdot w_{ji} \right) \quad (1)$$

Nesta fórmula, $A_i^{(t+1)}$ simboliza o *activation level* do conceito i no momento $t+1$; n representa o número de conceitos; f representa a *threshold function*, ou seja, a função de ativação limiar que possibilita a comparação qualitativa entre conceitos e a atribuição de um significado ao seu comportamento; $A_i^{(t)}$ simboliza o nível de ativação do critério C_i no momento t ; $A_j^{(t)}$ é o *activation level* do conceito j no momento t e, por fim, w_{ji} é o peso da relação causal entre os conceitos C_j e C_i (Ferreira, 2016; Ladeira, *et al.* 2019; Puerto *et al.*, 2019); Azevedo e Ferreira (2017) realçam para a existência vários tipos de *threshold*

function (f), sendo as mais comuns: (1) tangente hiperbólica, na qual o *activation level* pode ser qualquer número real no intervalo $[0; 1]$; (2) *sigmoid*, quando o *activation level* está no intervalo $[-1; 1]$, em que -1 representa uma diminuição acentuada do conceito, 0 indica que não existe qualquer impacto no conceito e 1 assume um aumento acentuado do conceito; (3) binária, que limita os *activation levels* a dois valores $\{0; 1\}$, em que 1 significa que o conceito está ativo no sistema e 0 significa que o conceito não está ativo; e (4) trivalente, que possibilita que os conceitos assumam os valores $\{-1; 0; 1\}$, em que -1 indica que o conceito diminui, 0 que o conceito não sofre alterações e 1 assinala que o conceito aumenta, sendo que as suas fórmulas matemáticas (2) a (5) diferem, respetivamente.

$$f(x) = \tanh(x) \quad (2)$$

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\lambda x}}, \text{ onde } \lambda \text{ é a velocidade de saturação de um conceito} \quad (3)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (5)$$

A função binária, ao possibilitar apenas a ativação ou a não-ativação dos conceitos, não demonstra a capacidade de diferenciar a estabilidade e aumentos ou diminuições do conceito. No que toca à função trivalente, já permite distinguir entre o aumento, a estabilidade e a diminuição do conceito no sistema. Contudo, a função sigmoide e a tangente hiperbólica são as únicas que demonstram graus de crescimento ou diminuição, sendo que diferem no facto de, na segunda, os conceitos poderem assumir qualquer comportamento (*i.e.*, podem assumir qualquer *state value*), enquanto na primeira só poderem assumir *state values* iguais ou superiores a zero (*cf.* Tsadiras, 2008). Assim, os FCMs facilitam a análise das relações causais e a evolução temporal do sistema para que, com essa informação, a tomada de decisão seja mais ponderada. Como referido anteriormente, é possível calcular toda e qualquer interação realizada num FCM através da multiplicação do *old state vector* (A_{old}) pela *adjacent matrix* (W), conforme a fórmula (9) (Ferreira, 2016).

$$A_{new} = W \times A_{old} \quad (6)$$

Na análise da evolução temporal, os *activation level* atribuídos a cada conceito podem ser definidos com base no estado atual do sistema, na ótica dos decisores, ou num cenário potencial (Misthos *et al.*, 2017), ideia corroborada por Papageorgiou *et al.* (2008: 822) quando afirmam que “*the FCM takes different types of initial values for its concepts: real values derived from measurements, are normalized in [0,1], and fuzzy values qualitatively described by experts or other sources. When the FCM is initialized is free to interact*”. Esta interação baseia-se na influência que os *activation levels* exercem sobre os outros conceitos, através dos pesos das relações de causalidade. Matematicamente, este dinamismo é representado pela sucessiva multiplicação dos *new state vectors* pela *adjacent matrix* (Ferreira, 2016).

Segundo Papageorgiou *et al.* (2008: 822), a propagação causal pode resultar em três comportamentos possíveis do sistema: “(1) *reaches and equilibrium at a fixed point, where the output values are stabilized at fixed numerical values; (2) exhibits limit cycle behavior, where the output concept values are falling in a loop under a specific-time period; (3) exhibits a chaotic behavior, where each concept value is reaching a variety of numerical values in a non-deterministic, random way*”.

Apesar da sua base matemática, os FCMs são ferramentas simples e poderosas, que facilitam a estruturação de problemas complexos e dinâmicos, com base em conhecimento e experiência específicos do domínio, pelo que é fundamental entender quais as principais vantagens e inconvenientes da sua aplicação (Ferreira e Meidutė-Kavaliauskienė, 2019).

3.2.2. Vantagens e Limitações dos Mapas Cognitivos Fuzzy

Conforme exposto anteriormente, não existem abordagens ou métodos perfeitos. Com efeito, as diversas metodologias que possam existir devem ser relativizadas, pois, cada uma, possui vantagens e limitações, sendo que o mesmo princípio se aplica aos FCMs.

No que diz respeito aos seus benefícios, poder-se-ão identificar os seguintes: (1) permite a integração de critérios de avaliação objetivos e subjetivos; (2) facilita a estruturação de situações complexas e difíceis de analisar; (3) promove o trabalho em grupo, potenciando a lógica construtivista; e (4) facilita a definição de linhas de orientação estratégica (*cf.* Grillo *et al.*, 2018). A estas vantagens, Ferreira *et al.* (2017) e Kok (2009) acrescentam a facilidade e a flexibilidade na utilização destes mapas e, por outro lado, a

capacidade de criação de conhecimento acerca do contexto em que os participantes operam, através da comunicação e das associações mentais entre eles, não delimitando a criatividade, espontaneidade e inovação. Konti e Damigos (2018) realçam ainda o facto de os FCMs serem uma ferramenta de fácil entendimento pelos *stakeholders*, permitirem incorporar a variável incerteza e de não exigirem muito a nível monetário e de tempo. Ribeiro *et al.* (2017) reforçam também a ideia de que os FCMs permitem que critérios frequentemente omitidos sejam contemplados no processo de decisão. Por fim, os FCMs possibilitam que o mesmo procedimento seja utilizado com diferentes grupos e em diferentes contextos, ao mesmo tempo que permitem que sejam incorporadas novas informações para atualizar a anterior representação do sistema (Yaman e Polat, 2009)

Não obstante as vantagens oferecidas, esta metodologia não está isenta de limitações, podendo ser destacado o elevado nível de subjetividade subjacente ao conhecimento humano, que obedece a critérios e crenças subjetivas dos decisores. Ribeiro *et al.* (2017) acrescentam ainda as seguintes limitações: (1) complexidade e tamanho dos mapas que, normalmente, caracterizam situações reais; (2) existência de técnicas para a construção de FCMs que, às vezes, são inadequadas ou impraticáveis; (3) risco de criação de nós/conceitos fictícios, aumentando artificialmente a complexidade do mapa; e, por fim, (4) serem sistemas não-lineares. Também Groumpos (2015) refere que, apesar dos FCMs contribuírem para a resolução de problemas de decisão complexos, apenas têm em conta a avaliação de alternativas de um cenário, reduzindo, assim, a capacidade de tomar uma decisão real. Por outro lado, acrescenta que este tipo de mapas não pode ser utilizado em qualquer tipo de problemas, sendo que se adequa melhor àqueles que se encontram mal estruturados. Para além disso, o autor aponta para o facto de os modelos e algoritmos presentes num FCM não poderem garantir a convergência para um valor estável.

Na prática, os FCMs requerem a intervenção humana ao longo de todo o processo e, como tal, o conhecimento dos participantes é crucial para evitar erros e possíveis falhas de interpretação do problema. Apesar das suas limitações – sejam elas de cariz prático, de formulação ou de manuseamento – os FCMs são considerados bastante úteis e importantes no que diz respeito ao processo de tomada de decisão e na estruturação de problemas complexos. Neste sentido, torna-se interessante explorar a sua aplicabilidade no âmbito da análise das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs, uma vez que esta metodologia se concentra, em parte, nas limitações encontradas e apresentadas sobre o tema (*e.g.*, forma pouco clara como se analisam as relações de causa-e-efeito entre os

determinantes de sustentabilidade, energia e PMEs; e escassez de análises dinâmicas entre variáveis).

3.2.3. Possíveis Contributos para a Análise das Alterações Energéticas

A existência de modelos de avaliação do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs é uma necessidade atual. Tendo em conta o facto de que as alterações energéticas estão presentes nas preocupações reais e atuais da sociedade, que podem ser entendidas de diferentes formas e que afetam a vivência da sociedade e das empresas, parece relevante que esta questão seja tratada como um “problema complexo”, o que traduz um problema com múltiplos critérios e com possíveis conflitos de interesse entre as partes envolvidas no processo de decisão (Dias, 2012). Por outras palavras, considerando as alterações energéticas como um problema complexo, que afeta a sociedade e as empresas na sua grande maioria, torna-se essencial tratar este problema de forma estruturada e recorrer ao conhecimento dos elementos constituintes deste problema, de forma a compreender a relação entre o caso e os envolvidos.

Mingers e Rosenhead (2004) mostram que existem várias ferramentas – ou combinações de métodos e ferramentas – que podem auxiliar em cada uma das etapas de tratamento desses mesmos problemas, bem como os possíveis resultados da utilização das mesmas. Visto que ainda não existem modelos específicos para avaliar o impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs – e que os contributos existentes comportam ainda muitas questões por resolver, em grande parte pela forma pouco clara como se analisam as relações de causa-e-efeito entre os determinantes de sustentabilidade, energia e PMEs – parecem evidentes os potenciais benefícios que os FCMs podem trazer para este campo de investigação. De facto, os FCMs auxiliam a colmatar algumas das limitações identificadas nos estudos existentes, recorrendo a técnicas que permitem introduzir transparência no processo de tomada de decisão e fazer uso da análise da relação entre fatores quantitativos e qualitativos.

Visto que as técnicas a utilizar nesta abordagem seguem uma postura construtivista, baseada em julgamentos de valor, permitem analisar as relações de causa-e-efeito entre critérios, bem como a clarificação de problemas sociais de forma mais aprofundada e clara, criando um modelo de análise do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs tendencialmente mais adequado à realidade. Neste sentido, o presente estudo irá

conjugar a utilização de FCM com *System Dynamics*, sendo importante apresentar a abordagem *System Dynamics* no próximo ponto.

3.3. A Abordagem *System Dynamics*

PSMs são abordagens que têm ganho relevância, essencialmente pela sua contribuição para a resolução de problemas complexos e dinâmicos. Tal como a abordagem SODA, também a abordagem *System Dynamics* (SD) integra a família dos PSMs (Mingers e Rosenhead, 2004).

A paternidade da abordagem SD é atribuída ao engenheiro Jay Forrester que, em 1961, no seu livro "*Industrial Dynamics*", introduziu o conceito de SD como uma técnica de modelagem, simulação e apoio à tomada de decisão para a gestão industrial. Com o decorrer do tempo, esta abordagem foi desenvolvida e, a nível empresarial, tornou-se numa ferramenta vantajosa no tratamento de problemas de natureza estratégica e operacional (*cf.* Santos *et al.*, 2002).

Apesar das suas bases de engenharia, a abordagem SD não é uma aplicação matemática aos problemas sociais, mas sim uma abordagem interdisciplinar (Stermann, 2000; Jia *et al.*, 2019). Tal como referido anteriormente, esta abordagem pertence à família dos PSMs e, assim sendo, auxilia a representação, análise e compreensão de problemas complexos e dinâmicos, assim como a tomada de decisão (Kok, 2009; Gravelins *et al.*, 2018; Mansilha *et al.*, 2019).

Segundo Kok (2009: 123), "*system dynamics is an umbrella term for all approaches aiming to understand the behaviour of complex systems over time*". Esta metodologia tem por base a decomposição de toda a estrutura dos sistemas em segmentos mais pequenos, algo que possibilita uma melhor compreensão do comportamento e dinâmica das relações existentes entre os elementos que o constituem. Entende-se por comportamento e dinâmica de um sistema a sua estrutura e a interação entre as várias partes (Santos *et al.*, 2002). Koul *et al.* (2016: 200) corroboram esta ideia, quando classificam a abordagem SD como: "*a theory of system structure and a set of tools for representing complex systems and analysing their dynamic behaviour*". De facto, Kok (2009: 123) afirma que "*what makes system dynamics different from other approaches studying complex systems is the use of feedback loops and stocks and flows*". Mais concretamente, esta metodologia converte um sistema numa sequência relacionada de *stocks* e *flows* que

se afetam mutuamente através de *feedback loops* e, desta forma, tornam mais claro o comportamento e a dinâmica dos sistemas.

Face ao exposto, a utilização da abordagem SD tem ganho expressão na resolução de problemas reais nas mais diversas áreas e contextos, possibilitando aos decisores experimentar e identificar as consequências futuras das suas decisões. Assim sendo, torna-se importante compreender os princípios em que assenta (Fontoura *et al.*, 2019; Koul *et al.*, 2016; Papachristos, 2018).

3.3.1. Princípios de Dinâmica de Sistemas

A complexidade dos problemas com que o mundo se defronta leva a que os modelos mentais desenvolvidos pela sociedade sejam limitados, inconsistentes e instáveis. Neste sentido, assiste-se a um elevado nível de complexidade dinâmica associado aos sistemas e modelos mentais referentes a esses mesmos sistemas em que a sociedade se baseia para tomar decisões (Sterman, 2000). A complexidade dinâmica dos sistemas pode derivar, conforme Sterman (2000), de dez características: (1) *constantly changing*; (2) *tightly coupled*; (3) *governed by feedback*; (4) *nonlinear*; (5) *history-dependent*; (6) *self-organizing*; (7) *adaptive*; (8) *characterized by trade-offs*; (9) *counterintuitive*; e (10) *policy resistant*. A Tabela 3 clarifica cada uma destas características dos sistemas que podem contribuir para a sua complexidade dinâmica.

CONSTANTLY CHANGING	<i>What appears to be unchanging is, over a longer time horizon, seen to vary. Change in systems occurs at many time scales, and these different scales sometimes interact.</i>
TIGHTLY COUPLED	<i>The actors in the system interact strongly with one another and with the natural world. Everything is connected to everything else.</i>
GOVERNED BY FEEDBACK	<i>Because of the tight couplings among actors, our actions feedback on themselves. Our decisions alter the state of the world, causing changes in nature and triggering others to act, thus giving rise to a new situation which then influences our next decisions. Dynamics arise from these feedbacks.</i>
NONLINEAR	<i>Effect is rarely proportional to cause, and what happens locally in a system (near the current operating point) often does not apply in distant regions (other states of the system).</i>
HISTORY-DEPENDENT	<i>Taking one road often precludes taking others and determines where you end up (path dependence). Many actions are irreversible.</i>
SELF-ORGANIZING	<i>The dynamics of systems arise spontaneously from their internal structure. Often, small, random perturbations are amplified and molded by the feedback structure, generating patterns in space and time.</i>
ADAPTIVE	<i>The capabilities and decision rules of the agents in complex systems change over time. Evolution leads to selection and proliferation of some agents while others become extinct. Adaptation also occurs as people learn from experience, especially as they learn new ways to achieve their goals in the face of obstacles.</i>
CHARACTERIZED BY TRADE-OFFS	<i>Time delays in feedback channels mean the long-run response of a system to an intervention is often different from its short-run response.</i>
COUNTERINTUITIVE	<i>In complex systems cause and effect are distant in time and space while we tend to look for causes near the events we seek to explain. Our attention is drawn to the symptoms of difficulty rather than the underlying cause. High leverage policies are often not obvious.</i>
POLICY RESISTANT	<i>The complexity of the systems in which we are embedded overwhelms our ability to understand them. The result: Many seemingly obvious solutions fail or actually worsen the problem.</i>

Tabela 3. Características dos Sistemas que Levam à Complexidade Dinâmica

Fonte: Sterman (2000, adap.).

Sterman (2000: 7) destaca que, “among the elements of dynamic complexity people find most problematic are feedback, time delays, and stocks and flows. The heuristics we

use to make causal attributions frequently fail to overcome these problems, and instead often reinforce erroneous beliefs". Também Zomorodian *et al.* (2018: 295) suportam esta ideia, quando afirmam que "*SD is founded on certain simple but important concepts: boundaries and hierarchy, feedback loops, and level and rate (state and flow)*". Como referido anteriormente, são: (1) os limites e hierarquia do sistema; (2) a taxa (*i.e.*, variáveis de *stock* e variáveis de *flow*); (3) *time delays*; e (4) *feedback loops* que diferenciam a abordagem SD de outras que estudam sistemas complexos, sendo por isso importante esclarecer estes elementos.

Em primeiro lugar, os limites do sistema que são um fator-chave na compreensão de problemas complexos, pois auxiliam na identificação da dinâmica interna e externa de um sistema e na determinação de se certos subsistemas são abertos (*i.e.*, não existe uma consciência das ações passadas) ou fechados (*i.e.*, onde as ações recentes controlam os resultados futuros) (Sterman, 2000). A abordagem SD tende a desafiar os limites tanto mentais quanto formais dos modelos (Nabavi *et al.*, 2017). Por outro lado, a hierarquia, mais concretamente a escolha do nível adequado de hierarquia, é outro elemento-chave no desenvolvimento eficaz de modelos, pois o nível certo para um determinado modelo é determinado pelo propósito da modelagem.

A taxa confere à abordagem SD a possibilidade de simular quantitativamente todos os processos, sendo importante destacar que as suas variáveis podem ser categorizadas em duas classes: *stocks* e *flows*. O *stock* é um elemento-chave em qualquer sistema, que pode ser medido a qualquer momento e representa o estado atual do sistema cujo valor depende de acontecimentos passados, sendo a base das decisões, ações e atrasos nos sistemas e podendo o seu estado ser alterado por aumentos ou diminuições das taxas de *flows*. Neste sentido, as variáveis *flow* regulam o estado das variáveis de *stock*. A variável *flow* está diretamente relacionada com os *inflows* e *outflows*, pelo que "*accumulating differences between all inflows and outflows indicates whether the stock is held in dynamic equilibrium or not*" (Zarghami *et al.*, 2018: 778). O cálculo da relação *stock-flow* é realizado através da fórmula matemática (9):

$$Stock_t = Stock_{ts} + \int_{ts}^t (Inflow_s - Outflow_s) ds \quad (9)$$

onde *inflows* e *outflows* são o valor de entrada e de saída em qualquer momento *s* entre o momento inicial *ts* e o momento atual. Relativamente aos *time delays*, mais concretamente

os atrasos no tempo entre a tomada de decisão e os seus efeitos no estado de um sistema, são comuns e particularmente problemáticos (Zomorodian *et al.*, 2018; Sterman, 2000). Isto verifica-se porque um atraso nos *feedback loops* pode levar a que os intervenientes no processo de decisão, não percebendo de imediato os resultados das suas ações, continuem a intervir para corrigir as aparentes discrepâncias, criando-se uma constante inconsistência que impossibilita o reequilíbrio do sistema. Tal como referem Drews *et al.* (2016: 479), “the implemented time delays [...] cause corrective actions to continue even after the state of the system reaches its desired goal, forcing the system to adjust too much, and triggering a new correction in the opposite direction”. Por último, importa destacar a propriedade mais importante da abordagem SD – e a que a destaca mais das outras técnicas de modelagem existentes – ou seja, o conceito do *feedback loop*.

O *feedback* é o resultado das reações do sistema às nossas ações. É a maneira através da qual um sistema interage e, segundo o autor, o *feedback loop* caracteriza-se como um mecanismo que cria um comportamento persistente de um sistema durante um longo período de tempo. Os *feedback loops* podem ser positivos, quando fortalecem a mudança original; ou negativos, quando se opõe à mudança original, conforme descrito por Sterman (2000). Este elemento facilita a simulação do comportamento de sistemas complexos, particularmente quando o objetivo é modelar e prever resultados a longo prazo e alcançar a sustentabilidade.

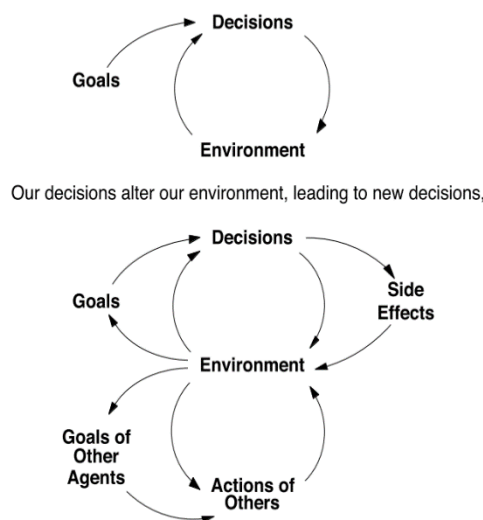


Figura 3. A Visão do *Feedback* num Sistema

Fonte: Sterman (2002: 9).

Com efeito, através da *Figura 3*, é perceptível a integração do *feedback* num sistema. Observando a parte superior da *Figura 3*, é perceptível que os objetivos definem a situação enfrentada e as decisões a tomar. Essas decisões, por sua vez, alteram a avaliação feita dos problemas e as decisões seguintes. Seguidamente, na parte inferior da *Figura 3*, torna-se evidente que as decisões tomadas também podem desencadear efeitos colaterais externos que são previstos. Adicionalmente, foi inserida no sistema a variável “*other agents*”, pois estes procuram, naturalmente, atingir também os seus objetivos e, por isso, reagem para restabelecer o equilíbrio que foi perturbado com as decisões tomadas.

Sterman (2000) destaca ainda a resistência política como característica de um sistema. Ou seja, o facto de não haver compreensão do *feedback* que ocorre num sistema faz com que as soluções anteriores se tornem em problemas atuais, pois sem uma compreensão dos processos de *feedback* que criam resultados como consequência das próprias decisões, provavelmente veremos estes novos problemas como evidências para confirmar que o mundo é imprevisível e incontrolável.

Tendo em conta os elementos integrantes da abordagem SD, importa compreender como é feita a aplicação prática da metodologia. De facto, como mostra a *Tabela 4*, diferentes autores identificaram diferentes fases de desenvolvimento de um modelo através da abordagem SD. Para além disso, Zarghami *et al.* (2018: 781) referem “*the modelling process involves different steps in the literature, ranging from three to seven steps*”.

RANDERS (1980)	RICHARDSON E PAUGH (1981)	ROBERTS ET AL. (1983)	WOLSTENHOLME (1990)	STERMAN (2000)
<i>Conceptualization</i>	<i>Problem definition</i>	<i>Problem definition</i>	<i>Diagram construction and analysis</i>	<i>Problem articulation Dynamic hypothesis</i>
<i>Formulation Testing</i>	<i>System conceptualization Model formulation Analysis of model behaviour Model evaluation</i>	<i>System Conceptualization Model representation Model behaviour Model evaluation</i>	<i>Simulation phase (Stage 1)</i>	<i>Formulation Testing</i>
<i>Implementation</i>	<i>Policy analysis Model use</i>	<i>Policy analysis and model use</i>	<i>Simulation phase (Stage 2)</i>	<i>Policy formulation and evaluation</i>

Tabela 4. Processo de desenvolvimento de um modelo SD

Fonte: Zarghami (2018: 782).

Sterman (2000) refere que o processo deve iniciar-se com a articulação do problema. Nesta primeira fase, procede-se à modelagem total do sistema, desde os seus limites, ao

horizonte temporal, ao objetivo a atingir e ao nível de análise. No passo seguinte, as hipóteses dinâmicas são o esboço preliminar das principais interações e *feedback loops*. Uma hipótese dinâmica desempenha um papel significativo na redução da complexidade. Através de uma hipótese dinâmica, um modelador constrói um número de pares estrutura-comportamento para explicar dinâmicas complexas. Na etapa de formulação, a hipótese dinâmica é transformada num diagrama detalhado de processos de *feedback*, que posteriormente irão gerar as equações algébricas estabelecidas para o modelo. Numa fase posterior, é feita a testagem do modelo, através da qual se experimenta a validade dos resultados. Nesta fase, o modelo é comparado com o mundo real e a decisão de aceitar ou rejeitar o modelo é tomada. Por fim, é feita a formulação e avaliação de políticas, cujo objetivo é procurar saber como uma mudança específica num parâmetro do sistema afeta a resposta total do modelo (Morecroft, 1997; Sterman, 2000).

Mais recentemente, surgiram novas abordagens acerca deste processo, apesar de assentes nas mesmas bases. Para Gravelins *et al.* (2018), a aplicação da metodologia SD começa com a definição do problema dinâmico e com o estabelecimento dos objetivos do modelo. De seguida, segue-se a criação de hipóteses dinâmicas, baseadas na estruturação do sistema. Em terceiro lugar, a criação de uma estrutura de base do modelo como um conjunto de *stocks* (*i.e.*, acumulações de *flows*), *flows* (*i.e.*, reguladores do nível de *stocks*), parâmetros e *feedback loops* (*i.e.*, conexões entre as variáveis dependentes). Por fim, é feita a validação do modelo e o teste das políticas para encontrar, por um lado, os parâmetros que mais influenciam o modelo e, por outro lado, aqueles que podem alterar-se se houver uma alteração no comportamento do problema se o sistema mudar. Também Tan *et al.* (2018: 1108) revelam a sua visão relativamente às fases integrantes da construção de um modelo SD, quando afirmam: “*system dynamics has three general steps: articulation of the problem or conceptualization, dynamic hypothesis formulation, and then testing and analysis*”.

Zomorodian *et al.*, (2018) apresentam o seu ponto de vista relativamente ao desenvolvimento de um modelo SD. No entanto, realçam a importância da utilização de diagramas em modelos SD, pois estes facilitam a comunicação. Com efeito, segundo os autores, a apresentação dos pressupostos do modelo na forma de equação seria inadequada e contraproducente, enquanto uma pequena minoria compreende as ferramentas de cálculo, as ferramentas de diagramação SD apresentam os pressupostos do modelo de uma forma que pode ser compreendida pela maioria das pessoas (Lane, 2008). Nesse sentido, na

metodologia SD abordam-se dois tipos de diagramas: (1) *causal loop diagram* (CLD); e (2) *stock and flow diagram* (SFD), sendo utilizados na fase de articulação do problema.

Um CLD representa visualmente a estrutura de *feedback* de um sistema, através de variáveis conectadas por setas cujas polaridades indicam a influência causal que uma variável exerce em outra. O facto de a relação ser positiva representa a mesma direção na mudança/movimento no modelo. Por outro lado, uma relação negativa significa direções opostas na mudança/movimento no modelo (Rashedi e Hegazy, 2015). Seguidamente, os CLD são convertidos num SFD. Este segundo elemento permite expressar as relações anteriormente delimitadas através de fórmulas lógico-matemáticas (Duggan, 2016). Neste sentido, e tendo em conta a grande expressão que a abordagem SD tem ganho, torna-se importante esclarecer algumas das suas principais vantagens e desvantagens.

3.3.2. *Vantagens e Limitações da Abordagem System Dynamics*

Tendo conhecimento de que não existem metodologias isentas de limitações, é natural que a abordagem SD apresente diversos benefícios, mas também determinadas limitações.

A principal vantagem da abordagem SD é o facto de a aplicação desta ferramenta permitir a reflexão da natureza dinâmica dos sistemas. Esta abordagem possibilita a integração da interatividade entre os elementos intervenientes no desenvolvimento de sistemas complexos e simplifica o entendimento da dinâmica evolutiva desses mesmos sistemas. Ou seja, torna mais fácil a compreensão e a antecipação de mudanças ao longo do tempo em sistemas complexos (Koelling e Schwandt, 2005). Esta ideia é suportada por Jokar e Mokhtar (2018: 144), quando afirmam que: “*System Dynamics, constructed on such approach, tries to simplify these complexities and helps to have a better insight into the reality of complicated interlinked phenomena*”.

Para além disso, é possível acrescentar as seguintes vantagens associadas a esta metodologia: (1) é relativamente fácil de utilizar, pois “*the SD platform provides a convenient interface for researchers to model using an intuitive graphical language (e.g., stocks and auxiliary variables are represented by squares and circles, respectively), allowing them to build complex systems without a high-level proficiency in the programming language*” (Kim *et al.*, 2019: 24); (2) requer curtos períodos de execução; (3) visa captar interações dinâmicas de sistemas complexos a partir de uma perspetiva holística; (4) capta o desequilíbrio nos sistemas; (5) permite aos decisores perceber as interações entre os componentes do sistema, de forma consistente com o mundo real; (6) é

flexível e transparente; (7) permite a modelação de diferentes sistemas numa grande variedade de escalas; (8) enfatiza uma perspetiva contínua, que trata além de eventos únicos para compreender os padrões dinâmicos subjacentes a eles, tanto a curto como a longo prazo; (9) permite identificar riscos através de análises de sensibilidade das dinâmicas de *feedback*; e (10) é uma abordagem perspicaz, válida, relativamente rápida e barata (Eden *et al.*, 2000; Grösser *et al.*, 2017; Lättilä *et al.*, 2010). Também Zomorodian *et al.* (2018: 298) realçam que “*the SD method can provide a useful modeling tool to encourage cooperative behavior in participatory modeling, shared vision planning, and group learning events*”.

Apesar dos modelos SD auxiliarem os decisores a entender o comportamento de um sistema ao longo do tempo, estes modelos não se preocupam com a avaliação explícita desse comportamento, mais concretamente quando um padrão de comportamento é apresentado como preferível a outro com base apenas na intuição do decisor. Assim, e apesar de, a partir dos anos 1980, terem sido realizados inúmeros desenvolvimentos nesta abordagem, no sentido de otimizar modelos SD, reconhece-se que avaliar e decidir entre alternativas de ação não é um processo direto. Para além disso, importa destacar como pontos fracos da metodologia SD os seguintes aspetos: (1) o facto de, no contexto SD, os decisores serem confrontados com uma grande quantidade de informação complexa, muitas vezes de natureza conflituante, pode gerar conflitos de interesses; (2) as variáveis do sistema encontrarem-se espacial e temporalmente distribuídas, sendo que a causa e os efeitos estão frequentemente distantes no tempo; (3) dificuldade em lidar com eventos discretos, devido à sua natureza contínua; (4) a inclusão de *feedback loops* incertos ou apenas hipotéticos pode levar a um comportamento extremamente complexo no sistema, frequentemente difícil de rastrear ou validar; e (5) tendência dos decisores para criar e ligar variáveis por forma a obterem rapidamente modelos grandes e altamente complexos (Santos *et al.*, 2002; Grösser *et al.*, 2017).

Apesar das suas limitações, sejam elas de cariz prático, de formulação ou de manuseamento, a abordagem SD acrescenta valor ao processo de tomada de decisão e resolução de problemas complexos, pelo que se torna interessante aplicá-la no âmbito da análise das alterações energéticas na sustentabilidade das PME's, uma vez que esta metodologia permite colmatar a reduzida expressão de estudos destinados à análise dinâmica entre as variáveis.

3.3.3. *Contributos para a Análise Dinâmica das Alterações Energéticas*

A metodologia SD é utilizada na análise e resolução de problemas complexos com foco na análise e no planeamento. Baseia-se na premissa de que o comportamento dos sistemas é influenciado pela sua estrutura, que apresenta efeitos de *feedback* (Jokar e Mokhtar, 2018).

Conforme exposto anteriormente, as alterações energéticas são tratadas como um problema complexo, que afeta a sociedade e as empresas na sua grande maioria. Neste sentido, segundo Papachristos (2018: 5), a abordagem SD mostra-se adequada quando aplicada a processos de transição, pois *“transitions are profound societal system changes, they are polycentric, multi actor, multi factor, and multi-level with temporal and spatial scales that vary”*. Tendo em conta que os processos energéticos estão, neste momento, sob processo de transição, parece fazer sentido aplicar esta metodologia e, adicionalmente, colmatar uma das grandes limitações apontadas aos estudos relacionados nesta área (*i.e.*, ausência de análises dinâmica entre as variáveis).

Assim, a aplicação da abordagem SD permitirá promover uma compreensão holística dos problemas complexos enfrentados pelas PME's ao depararem-se com a decisão de implementarem medidas de eficiência energética e cenários de energia alternativos tendo em conta os seus impactos na sustentabilidade. A aplicação de uma abordagem holística e de um pensamento sistémico para fomentar a compreensão dos impactos das alterações energéticas na sustentabilidade das PME's pode justificar-se pelo facto de os fatores implicados nesta decisão se encontrarem interligados entre si e contemplarem, ainda, o mesmo objetivo final relacionado com a adoção de medidas energéticas que permitam garantir a sustentabilidade das PME's a longo prazo.

Como referido, uma das limitações encontradas em modelos já desenvolvidos na análise dos impactos das alterações energéticas na sustentabilidade das PME's é o facto de não existirem análises dinâmicas das variáveis. Como tal, a aplicação de modelos SD vem facilitar este estudo. Será possível, assim, captar as interações dinâmicas entre as variáveis do modelo, a partir de uma perspetiva holística e de forma consistente com o mundo real. Os benefícios do uso de SD como ferramenta de apoio à tomada de decisão nas PME's possibilitará criar, ainda, um modelo de apoio à decisão empiricamente válido e com uma perspetiva holística, como também desenvolver conhecimento sobre a temática. Ao mesmo tempo, será mais fácil descrever, explicar e analisar, ao longo do tempo, questões relacionadas com as alterações energéticas, de forma mais consistente com a realidade.

SINOPSE DO CAPÍTULO III

Este terceiro capítulo visou enquadrar os mapas cognitivos e a abordagem SD como ferramentas de valor acrescentado para os agentes envolvidos no desenvolvimento e resolução de problemas complexos em ambientes dinâmicos. Para o efeito, o capítulo iniciou-se com um enquadramento epistemológico através do conceito de PSM, que comporta o construtivismo, a aprendizagem pela participação e a integração de elementos objetivos e subjetivos no processo de tomada de decisão. Seguidamente, abordou-se o tema da cognição humana como explicação da forma como o ser humano aborda e compreende os problemas a que está sujeito e que pode ser vista como uma oportunidade para a estruturação de problemas complexos. Neste sentido, surge o mapeamento cognitivo *fuzzy*, devido à sua capacidade de clarificação de problemas de decisão complexos através de representações visualmente simples e que promovem a comunicação e as associações mentais por parte dos indivíduos, originando uma discussão sobre a temática e podendo, assim, ser considerados como uma técnica de apoio à tomada de decisão. Adicionalmente, foi realizada uma revisão da aplicação prática dos mapas cognitivos, definindo-os como redes de conceitos, organizados hierarquicamente, ligados por setas, cujo sentido indica a sua relação de causalidade. Por conseguinte, após serem identificadas os principais benefícios e as limitações dos mapas cognitivos *fuzzy*, constatou-se que este tipo de mapeamento pode contribuir para melhorar a análise das alterações energéticas. Foi realizado também um enquadramento da abordagem SD, que permite a integração da interatividade entre os elementos intervenientes no desenvolvimento de sistemas complexos, assim como simplificar o entendimento da dinâmica evolutiva desses mesmos sistemas. Seguidamente, fez-se uma revisão acerca dos princípios em que a abordagem SD assenta, destacando-se os *feedback loops* como propriedade diferenciadora. Como foi possível verificar, a abordagem SD apresenta vantagens e limitações, das quais podemos destacar a reflexão da natureza dinâmica dos sistemas, que promove o conhecimento, e o facto de esta abordagem se basear apenas na intuição do decisor, respetivamente. Findou-se este capítulo com os contributos da abordagem SD no que toca à análise das alterações energéticas. Face ao exposto, parece claro que o mapeamento cognitivo, integrado com a abordagem SD, demonstra um elevado potencial no âmbito da avaliação das alterações energéticas na sustentabilidade das PME's, algo que se procurará demonstrar no próximo capítulo desta dissertação.

CAPÍTULO IV

ESTRUTURAÇÃO, ANÁLISE DINÂMICA E RECOMENDAÇÕES

O presente capítulo apresenta as etapas seguidas na fase de estruturação do problema de decisão. Iniciar-se-á com a abordagem relativa à definição do problema e à constituição do painel de decisores que participou, de forma ativa, para o desenvolvimento do estudo. Será explicada a forma de aplicação das técnicas de mapeamento cognitivo, que contribuirão para a identificação dos critérios a incluir no modelo de análise do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs. De seguida, procuramos esclarecer como foi realizada a análise dinâmica das variáveis definidas no modelo. O presente capítulo termina com a análise e consolidação do sistema construído, não deixando de mencionar as respetivas limitações e de formular recomendações para estudos futuros. Na sua essência, este capítulo demonstra a aplicabilidade do uso de técnicas de mapeamento cognitivo e da abordagem SD na estruturação do problema em estudo.

4.1. Estrutura Cognitiva de Grupo e Avaliação de Intensidades Causais

Como referido, a complexidade dos problemas de decisão é uma preocupação atual e, segundo Christoforou e Andreou (2017: 133), *“this problem is usually associated with the fact that there exists a high number of intertwined parameters describing the underlying environment, which hinder an in depth description of the behavior under study and, therefore, make it very hard to study the circumstances behind a proper decision. Problems exhibiting a high variety of interacting factors, each with unknown strength of contribution to the formation of the general observed behavior”*. Neste sentido, surgiram desenvolvimentos e conquistas na área das tecnologias, de modo a desenvolver sistemas e modelos capazes de apoiar e estruturar estes mesmos problemas através da interpretação da dinâmica que lhes está subjacente e das interações complexas das variáveis que o constituem. Assim, a utilização de PSMs potencia uma visão holística do problema de decisão e permite que sejam incorporados elementos objetivos e subjetivos na representação do sistema de análise (cf. Vidal, 2004). No caso deste estudo, o objetivo

passa pela identificação dos determinantes e impactos das alterações energéticas na perspetiva das PME, utilizando técnicas de mapeamento cognitivo e a abordagem SD.

Como referido no capítulo precedente, a fase de estruturação de um problema é de extrema relevância, pois constitui a fase de formulação do problema em análise, sendo a base de trabalho para as restantes etapas do processo. Para além disso, define o momento através do qual se conhecem as primeiras opiniões e motivações dos decisores em relação ao modelo a ser desenvolvido (*cf.* Bana e Costa *et al.* 1997; Lami e Tavella, 2019). Ambas as metodologias (*i.e.*, FCMs e SD) contribuem para a estruturação de problema de decisão complexos de forma adequada e consistente.

No que diz respeito à proposta de modelo desenvolvida e apresentada na presente dissertação, a fase de estruturação teve lugar no decurso de duas sessões presenciais com um conjunto de participantes com *know-how* especializado na área em estudo. Tendo em conta a literatura de especialidade (*e.g.*, Belton e Stewart, 2002; Ferreira, 2011), estes participantes são denominados “especialistas” ou “decisores”, devendo o grupo ter um número de participantes compreendido entre 5 e 12 elementos (*cf.* Eden e Ackermann, 2001; Brito *et al.*, 2019).

Uma vez que a qualidade do modelo está dependente da composição do painel (*i.e.*, conhecimento, experiência e diversidade de perspetivas), os fatores de seleção dos decisores são essenciais no processo de construção de um mapa cognitivo (*cf.* Papageorgiou, 2008). No contexto deste estudo, procurou-se que o painel fosse constituído por: (1) decisores com conhecimento e experiência em PME que revelassem preocupações energéticas; (2) decisores em cargos de responsabilidade e que, por isso, tivessem uma perspetiva holística do negócio; (3) intervenientes de diferentes áreas de negócio, para que fosse fomentada a partilha e a discussão de diferentes perspetivas; e (4) decisores heterogéneos em termos de idade, género e experiência profissional

Com efeito, neste caso, a aplicação das técnicas foi realizada com participação de um grupo de sete decisores, nomeadamente: (1) dois membros da Associação Portuguesa das Energias Renováveis (APREN), uma delas com experiência em auditorias energéticas; (2) uma gerente de uma PME na área vinícola; (3) um gerente de uma PME na área agrícola; (3) um diretor da área de investimentos de uma PME; (4) um membro integrante de uma PME na área dos seguros; e (5) uma especialista no código de sustentabilidade de um grupo de PME, cujas áreas de negócio passam pela distribuição, indústria, *Information Technology* (IT), imobiliário e *green transportation*. Para além disso, a sessão presencial

contou ainda com dois facilitadores (*i.e.*, investigadores), responsáveis por conduzir o painel de decisores e registar os resultados alcançados (*cf.* Ferreira, 2016).

A constituição do painel de decisores foi uma das maiores dificuldades sentidas neste processo. Por um lado, devido à dificuldade em encontrar especialistas, dentro da área em estudo. Por outro lado, pela necessidade de predisposição e disponibilidade dos decisores para se reunirem presencialmente num horário comum durante quatro horas por sessão (*i.e.*, cerca de oito horas no total).

Previamente à realização das sessões, foi necessário ajustar o *layout* da sala. Segundo Bana e Costa *et al.* (2014), é fundamental um *layout* adequado para a construção de um mapa cognitivo. Por um lado, é importante garantir que todos os elementos do painel consigam visualizar, de forma clara, o quadro. Por outro lado, importa criar um contexto favorável ao diálogo e à negociação, através do contacto visual.

A primeira sessão iniciou-se com uma breve apresentação dos decisores e dos facilitadores, seguida de esclarecimentos de natureza metodológica, com o intuito de facilitar a interação do grupo e de evitar possíveis desentendimentos. Seguidamente, colocou-se a seguinte questão de base (*i.e.*, *trigger question*): “*Com base nos seus valores e experiência profissional, que fatores energéticos podem influenciar a sustentabilidade das PMEs?*”, dando-se assim início à aplicação da “*técnica dos post-its*” (Eden e Ackermann, 2001). Esta técnica consiste em escrever, em *post-its*, os critérios que, na ótica de cada decisor, são considerados como pertinentes no âmbito da problemática em discussão. Assim, baseados nas orientações cedidas pelos facilitadores, solicitou-se aos decisores que escrevessem um critério por *post-it*, assinalando com um sinal negativo (–) caso esse critério apresentasse uma relação de causalidade negativa (*i.e.*, caso o critério em análise influenciasse negativamente a sustentabilidade de uma PME) (*cf.* Eden e Ackermann, 2001; Brito *et al.*, 2019; Ladeira *et al.*, 2019).

Tal como referem Morone *et al.* (2019: 565), nesta fase, “*actors involved in a particular debate express ideas, opinions and facts about their beliefs by framing narratives. Narratives convey information on key variables through which actors try to convince others of their positions, suggest certain practices, and criticize alternatives*”. Mais concretamente, os participantes partilharam conhecimentos, experiências e valores e complementaram-se, por forma a chegarem a um entendimento compartilhado (*cf.* Carayannis *et al.*, 2018). Deste modo, à medida que o diálogo entre os decisores se ia desenvolvendo, os *post-its* iam sendo dispostos num quadro e lidos em voz alta, para que fosse possível visualizar os critérios já obtidos e perceber se existiam ou não critérios

repetidos. No final deste processo, foi possível identificar cerca de 110 fatores de índole energética que, na ótica dos decisores, influenciam a sustentabilidade das PMEs.

Numa segunda fase desta primeira sessão de trabalho em grupo, os decisores foram desafiados a criar *clusters* (também denominados por “áreas de preocupação”). Mais concretamente, foi-lhes solicitado para agrupar os critérios que tinham surgido em discussão, sendo alertados para o facto de um critério poder pertencer a mais de um *cluster*. Neste sentido, formaram-se quatro *clusters* distintos: (1) *Fatores Sociais*; (2) *Fatores Económico-Financeiros*; (3) *Fatores Políticos*; e (4) *Fatores Energéticos/Ambientais*. A denominação dos *clusters* e as ligações entre critérios também surgiram com base no processo de discussão coletiva.

Posteriormente, foi solicitado aos decisores que fizessem uma organização *intra-cluster*, ou seja, que reorganizassem, por ordem hierárquica, os critérios dentro de cada *cluster* (*i.e.*, os determinantes mais importantes seriam colocados no topo do respetivo *cluster* e os determinantes menos relevantes estariam dispostos na base), sempre tendo em conta as suas experiências e valores pessoais. Um aspeto importante deste procedimento é o contacto direto dos decisores com os *clusters* e com os critérios, sendo um fator que potencia a reflexão e o compromisso com o processo de estruturação do problema de decisão (*cf.* Ladeira *et al.*, 2019).

A sessão foi concluída com uma análise interna de cada área de preocupação, tendo sido dada aos decisores a oportunidade de, caso achassem necessário, fazer alterações na base cognitiva se esta não estivesse em conformidade com a sua perspetiva, a qual foi amadurecida pela troca de informações que se verificou ao longo da sessão. Mais concretamente, foi-lhes concedida a possibilidade de modificarem os critérios e as suas ligações, reestruturarem os *clusters* ou alterarem o formato da estrutura cognitiva de base. A *Figura 4* apresenta alguns dos momentos decorridos na primeira sessão, evidenciando o processo de partilha e negociação verificado entre decisores e, também, o agrupamento dos critérios em *clusters*, onde é evidenciado o contacto direto estabelecido entre os participantes.



Figura 4. Aplicação da “Técnica dos Post-its”

A informação recolhida na primeira sessão de trabalho foi então utilizada para o desenvolvimento de um mapa cognitivo de grupo. Este mapa, também conhecido como “mapa estratégico”, foi desenvolvido através do *software Decision Explorer* (www.banxia.com). A *Figura 5* apresenta a versão final do mapa, a qual foi validada pelo grupo no início da segunda sessão de trabalho. Como se pode constatar, é possível perceber quais os conceitos basilares que, no contexto energético, dizem respeito à sustentabilidade das PME. Para além disso, são visíveis, no topo do mapa, os critérios considerados pelo grupo de decisores como estratégicos, nomeadamente: (1) *Sustentabilidade*; *Localização*; e *Estratégia PME*.

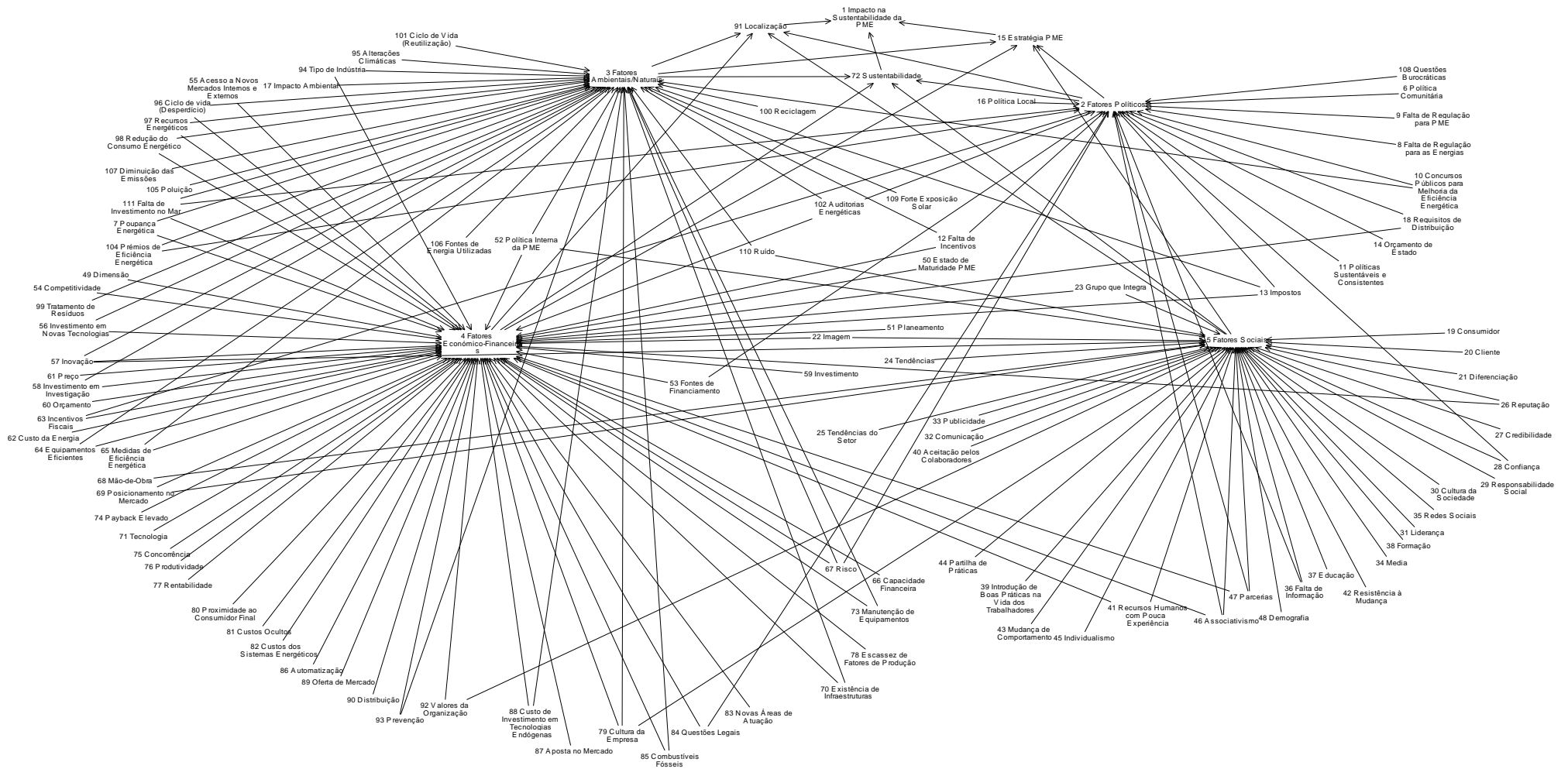


Figura 5. Mapa Cognitivo de Grupo (ou Mapa Estratégico)

Por forma a dar continuidade ao processo de estruturação, foi realizada uma segunda sessão de trabalho em grupo, na qual estiveram presentes seis dos sete decisores iniciais, sem prejuízo para o avanço do estudo (cf. Ferreira, 2011). Segundo Eden e Ackermann (2001) e Belton e Stewart (2002), a não comparência de um dos membros não compromete os resultados, dada a natureza processual do estudo. Além disso, o intervalo sugerido na literatura (*i.e.*, seis a dez) não deixou de ser respeitado.

Nesta segunda sessão, foi pedido aos decisores que olhassem para o mapa e que focassem a sua atenção nas relações de influência ou causalidade, mais especificamente nas setas, no sentido de se poder medir o seu grau de intensidade, com base no intervalo [-1; 1]. Este processo só foi exequível atendendo às diretrizes apresentadas no *Capítulo III* da presente dissertação. A *Figura 6* apresenta alguns momentos da segunda sessão de trabalho em grupo.



Figura 6. Instantâneos Decorridos da Segunda Sessão

Após a análise dos graus de intensidade dos critérios incluídos no sistema, procurámos observar, analiticamente e com recurso ao *software* de simulação *Vensim* (<https://vensim.com>), as dinâmicas energéticas que estão por detrás da sustentabilidade das PMEs.

4.2. Impacto das Alterações Energéticas na Sustentabilidade das PME's

A análise dinâmica permite evidenciar o comportamento do sistema quando existem alterações nos determinantes ou nas suas relações causais, dando a possibilidade de avaliar diferentes cenários (Yaman e Polat, 2009). No âmbito da presente dissertação, este tipo de análise foi suportado pelo *software Vensim*, que constitui uma poderosa ferramenta no que toca ao desenvolvimento, exploração, análise e otimização de modelos de simulação sob condições determinísticas e incertas (cf. Eberlein e Peterson, 1992; Abbaspour *et al.*, 2018). Com efeito, uma das grandes vantagens do *software Vensim* é o estudo de cenários “*what-if*”, no sentido de determinar como é que o modelo reagiria a eventuais transformações dos pesos dos critérios. Esta ideia é corroborada por Chaves *et al.* (2013: 2433), quando afirmam que “*one of the benefits of Vensim is the possibility of assessing the change in the model response by varying the value of several parameter, which facilitates sensitivity analysis*”.

Como referido no capítulo anterior, vários autores (*e.g.*, Morecroft, 1997; Sterman, 2000; Zarghami *et al.*, 2018) estudaram o processo de aplicação da metodologia SD, devendo o processo iniciar-se com a articulação do problema. Nesta primeira fase, procede-se à modelagem total do sistema, onde importa definir: (1) a unidade de tempo e o horizonte temporal; (2) o objetivo a atingir; (3) as variáveis constantes, de *stock* e *flow* e respetivas interações; e (4) os valores ou equações das variáveis. Numa fase final, é feita a testagem do modelo, através de simulações, nas quais se experimenta a validade dos resultados. Esta fase permite fazer a aplicação do modelo em contexto real.

No que toca à unidade de tempo selecionada para o modelo, entendeu-se que faria sentido usar “meses”. Relativamente, ao período de simulação, foi definido um período de 100 meses, por forma a ser possível avaliar o comportamento das variáveis tendo em conta uma maior escala de evolução temporal.

O objetivo deste modelo é estimular a tomada de decisões mais fundamentadas na área da sustentabilidade das PME's num contexto energético, a partir das análises geradas pelo modelo, bem como outras análises e observações de interesse para os gestores das PME's, desde que as mesmas sejam exequíveis no modelo de simulação. O modelo foi desenvolvido no sentido de as análises do tipo “*what-if*”, comuns em modelos de simulação, serem de rápida e simples execução.

No que toca às variáveis, foram utilizadas as variáveis anteriormente definidas pelos decisores na construção do mapa cognitivo de grupo. Como referido anteriormente,

um modelo SD é constituído por variáveis de *stock*, *flow* e constantes (cf. Drmola e Hubik, 2018). Foi necessário, portanto, classificar cada variável, sendo que o nome dado a cada um dos elementos referidos consta na *Tabela 5*.

TIPO DE VARIÁVEL	NOME DA VARIÁVEL
VARIÁVEIS LEVEL	(1) Fatores Sociais; (2) Fatores Políticos; (3) Fatores Ambientais/Energéticos; (4) Fatores Económico-Financeiros; (5) Sustentabilidade; (6) Localização; (7) Estratégia PME; (8) Sustentabilidade PME.
VARIÁVEIS RATE	(1) Alterações Energéticas.
VARIÁVEIS CONSTANTES	(1) Alterações Climáticas; (2) Tipo de Indústria; (3) Impacto Ambiental; (4) Ciclo de Vida (Reutilização); (5) Recursos Energéticos; (6) Redução do Consumo Energético; (7) Diminuição das Emissões; (8) Poluição; (9) Falta de investimento no Mar; (10) Prémios de Eficiência Energética; (11) Tratamento de Resíduos; (12) Investimento em Novas tecnologias; (13) Inovação; (14) Eficácia; (15) Fontes de Energia Utilizadas; (16) Política interna da PME; (17) Forte exposição Solar; (18) Auditorias Energéticas; (19) Ruído; (20) Reciclagem; (21) Prevenção; (22) Combustíveis Fósseis; (23) Custos de Investimento em Tecnologias Endógenas; (24) Cultura da Empresa; (25) Existência de Infraestruturas; (26) Manutenção de equipamentos; (27) Equipamentos eficientes; (28) Medidas de Eficiência Energética; (29) Risco; (30) Investimento em investigação; (31) Ciclo de vida (Desperdício); (32) Planeamento; (33) Dimensão; (34) Investimento; (35) Fontes de financiamento; (36) Competitividade; (37) Acesso a Novos Mercados; (38) Estado de maturidade da PME; (39) Orçamento; (40) Preço; (41) Custo da Energia; (42) Incentivos Fiscais; (43) Capacidade Financeira; (44) Mão de Obra Substituição; (45) Posicionamento Mercado; (46) Tecnologia; (47) RH com pouca experiência; (48) <i>Payback</i> elevado; (49) Concorrência; (50) Produtividade; (51) Rentabilidade; (52) Escassez de fatores de Produção; (53) Proximidade aos Consumidor Final; (54) Custos Ocultos; (55) Custo dos Sistemas Energéticos; (56) Novas Áreas de Atuação; (57) Questões Legais; (58) Automatização; (59) Apostar no Mercado; (60) Oferta de Mercado; (61) Distribuição; (62) Digital; (63) Valores da Organização; (64) Impostos; (65) Falta de Incentivos; (66) Requisitos de Distribuição; (67) Clientes/consumidor; (68) Imagem; (69) Grupo que Integra; (70) Reputação; (71) Confiança; (72) Associativismo; (73) Parcerias; (74) Consumidor; (75) Imagem; (76) Diferenciação; (77) Grupo que Integra; (78) Tendências; (79) Tendências do Setor; (80) Credibilidade; (81) Responsabilidade Social; (82) Cultura (Sociedade); (83) Comunicação; (84) Liderança; (85) Publicidade; (86) Redes Sociais; (87) Falta de Informação; (88) Educação; (89) Formação; (90) Introdução de Boas Práticas na Vida dos Trabalhadores; (91) Aceitação pelos Colaboradores; (92) Resistência à Mudança; (93) Mudança de comportamentos; (94) Partilha de Práticas; (95) Individualismo; (96) Associativismo; (97) Parcerias; (98) Demografia; (99) Política Comunitária; (100) Política Local; (101) Políticas Sustentáveis e Consistentes; (102) Falta de Regulação para as Energias; (103) Falta de Regulação para as PMEs; (104) Orçamento de estado; (105) Concursos Públicos para a Melhoria da EE; (106) Questões Legais; (107) Questões burocráticas.

Tabela 5. Classificação das Variáveis

Para além disso, foram definidos os *feedback loops*, representados por *arrows*, que estabelecem as relações causa-efeito existente nos sistemas. Como referido por Stadnicka e Litwin (2017: 365), “*these components are used to generate the structure of the system allowing an understanding of the complex dependencies occurring in the system*”.

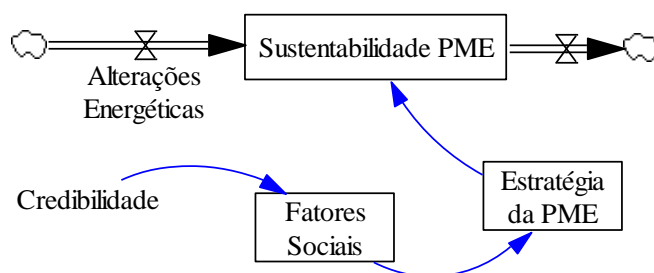


Figura 7. Classificação das Variáveis no Software Vensim

A *Figura 7* ilustra uma representação parcial do modelo desenvolvido e nela constam os vários tipos de variáveis existentes neste mesmo modelo. Neste sentido, a *Sustentabilidade PME*, *Estratégia PME* e *Fatores Sociais* representam variáveis *level*, as *Alterações Energéticas* ilustram uma variável *rate* e a *Credibilidade* é uma constante. Tal como referem Stadnicka e Litwin (2017: 365), “*the level can be identified with any warehouse (stock) of processed items, flows represent processing operations respectively increasing or decreasing the stock value*”. Para além disso, é possível perceber as interações entre os vários tipos de variáveis através das *arrows*.

Na prática, segundo Song *et al.* (2018: 640), “*System Dynamics simulation software Vensim offers a variety of types of functions to facilitate the creation of functional relationships*”. Assim sendo, as relações entre as várias variáveis estão representadas por equações, conforme é possível verificar na *Tabela 6*.

VARIÁVEL	TIPO DE VARIÁVEL	EQUAÇÃO DEFINIDA
Fatores Sociais	<i>Level</i>	(Soma de todas as constantes com ligação aos Fatores Sociais)/100
Fatores Políticos	<i>Level</i>	(Soma de todas as constantes com ligação aos Fatores Políticos)/100
Fatores Ambientais/Energéticos	<i>Level</i>	(Soma de todas as constantes ligadas aos Fatores Ambientais/Energéticos)/100
Fatores Económico-Financeiros	<i>Level</i>	(Soma de todas as constantes ligadas aos Fatores Económico-Financeiros)/100
Sustentabilidade	<i>Level</i>	((Fatores Ambientais/ Energéticos"+1)+(Fatores Económico-Financeiros"+1)+(Fatores Políticos+1)+(Fatores Sociais+1))/100
Estratégia PME	<i>Level</i>	((Fatores Ambientais/ Energéticos"+1)+(Fatores Económico-Financeiros"+1)+(Fatores Políticos+1)+(Fatores Sociais+1))/100
Localização	<i>Level</i>	((Fatores Ambientais/ Energéticos"+0.5)+(Fatores Económico-Financeiros"+0.6)+(Fatores Políticos+0.5)+(Fatores Sociais+0.4))/100
Sustentabilidade PME	<i>Level</i>	(Alterações Energéticas)/100
Alterações Energéticas	<i>Rate</i>	LN((Estratégia PME+1)+(Localização+0.8)+(Sustentabilidade+1))

Tabela 6. Equações Atribuídas a Cada Variável

As variáveis constantes não foram associadas a nenhuma equação, mas sim a graus de intensidade, definidos anteriormente pelo grupo de decisores (*e.g.*, *investimento* = 0.7). No que toca às equações definidas para os *clusters* (*i.e.*, variáveis *level*), tiveram por base a soma aritmética de todas as variáveis constantes ligadas ao *cluster*, por forma a demonstrar a sua influência no mesmo, seja esta positiva ou negativa. Assim sendo, são as variáveis constantes que definem se o *cluster* vai ter um efeito de influência positivo ou negativo nas outras variáveis a que está ligado (*e.g.*, se a soma aritmética de todas as variáveis constantes ligadas ao *cluster Fatores Sociais* resultar num valor positivo, então os *Fatores Sociais* vão exercer um efeito de influência positivo na *Estratégia PME*).

No que toca às variáveis estratégicas do modelo, também caracterizadas como variáveis *level* (*i.e.*, *Sustentabilidade*, *Estratégia PME* e *Localização*), foram definidas com base na soma aritmética de todos os *clusters*, acrescidos do peso da interação com a variável estratégica (*i.e.*, o peso que os decisores atribuíram à seta que liga o *cluster* à respetiva variável estratégica). Estas equações estão assentes na lógica de que todos os *clusters* afetam individualmente as variáveis estratégicas, positiva ou negativamente, dependendo das variáveis constantes que comporta. Assim, ao valor próprio de cada *cluster*, importa

também adicionar-lhe o valor da sua interação com a variável estratégica em causa (*i.e.*, o peso que os decisores atribuíram à seta que liga o respetivo *cluster* à respetiva variável estratégica). Por fim, a última equação definida no âmbito das variáveis *level* foi para a variável *Sustentabilidade PME*, que se definiu ser igual às *Alterações Energéticas* (*i.e.*, variável *rate*), pois, como referido anteriormente, são os *flows* (ou *rate*) que regulam os níveis de *stock* (ou *levels*). Assim, os níveis de *stock* são alterados apenas por aumentos ou diminuições de *flows*, tal como sugerido pela equação definida. Todas as equações estabelecidas para variáveis *level* foram divididas por 100, ou seja, convertidas em taxas de modo a evitar sobredimensionamento escalar.

Relativamente à única variável *rate* do modelo, mais concretamente *Alterações Energéticas*, a equação de base definida foi, na mesma lógica que as anteriores, materializada pela soma aritmética das variáveis estratégicas (*i.e.*, *Sustentabilidade*, *Estratégia PME* e *Localização*), somadas individualmente ao peso de interação com a variável *rate* (*i.e.*, o peso que os decisores atribuíram à seta que liga a respetiva variável estratégica às *Alterações Energéticas*). Tendo em conta o mesmo racional, entende-se que todas as variáveis estratégicas afetam individualmente as *Alterações Energéticas*, positiva ou negativamente, dependendo do resultado das equações que cada uma assume. Assim, ao valor próprio de cada variável estratégica, importa também acrescentar-lhe o valor da sua interação com a variável *rate*. Ao contrário do que aconteceu nas equações constituídas para as variáveis *level*, na variável *rate*, a estabilização foi conseguida através da aplicação de um logaritmo natural (LN), dado que a escala de simulação se aproximou bastante das restantes variáveis.

Definidas as variáveis e as respetivas equações ou valores, ficou concluída a estruturação do modelo (ver *Figura 8*), seguindo-se a fase de testagem que, com recurso a simulações, permitiu consolidar os resultados obtidos. Como referem Mutingi *et al.* (2017: 200), esta fase destina-se “*to carry out ‘what-if’ simulations experiments, so as illustrate the effects of key variables on the behavior of the system*”.

Estas simulações foram realizadas a três níveis: (1) *intra-cluster*, avaliando o impacto da variação de variáveis constantes no respetivo *cluster*; (2) *inter-cluster*, analisando o comportamento de cada variável estratégica em resultado de variações no valor dos *clusters*; e (3) *multi-cluster*, determinando o resultado de variações em conceitos que pertencem a mais do que um *cluster*, no conceito *head*.

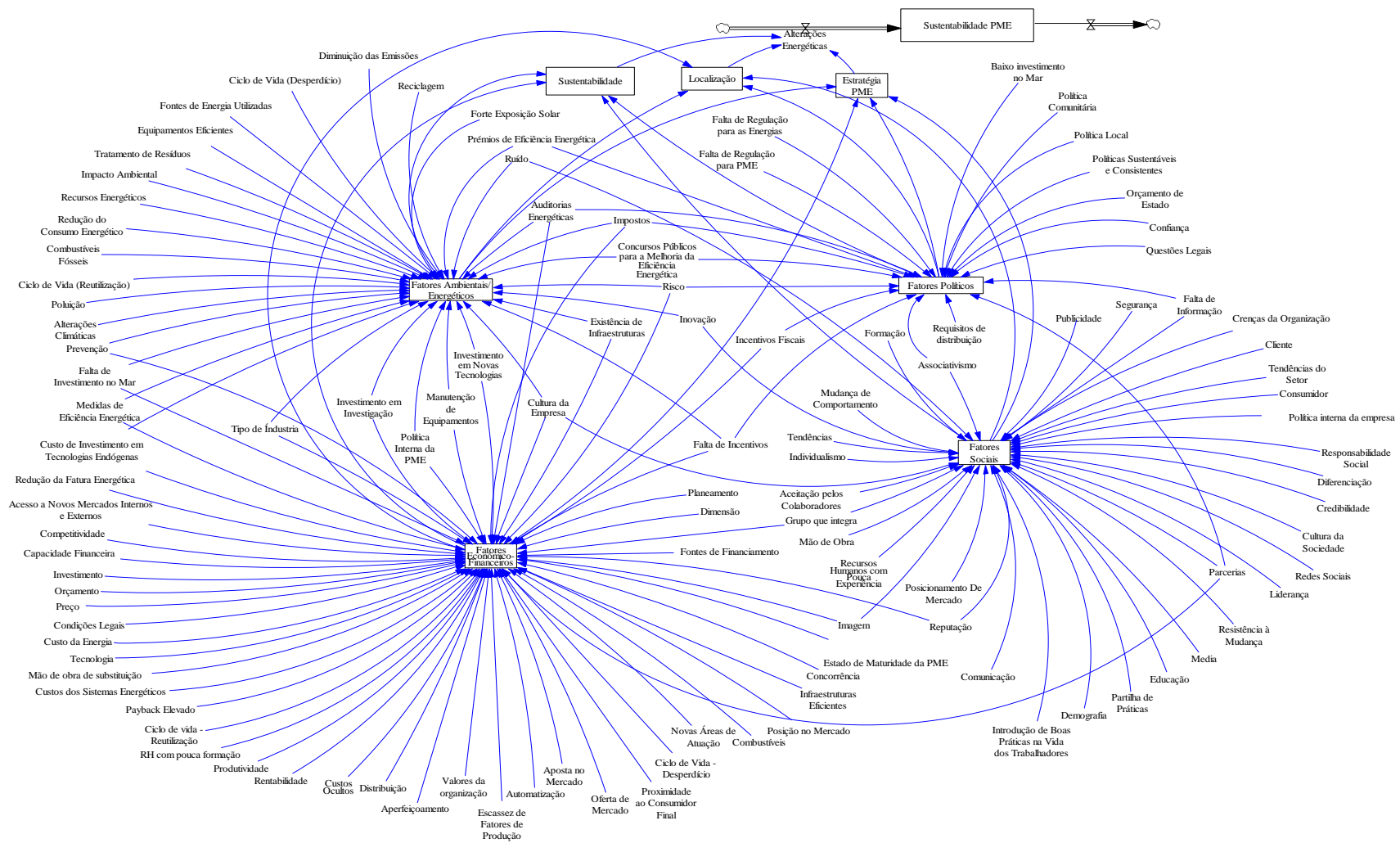


Figura 8. Modelo Obtido no Vensim

Relativamente às simulações *intra-cluster*, com o objetivo de perceber quais os efeitos de certas alterações nas variáveis constantes em cada um dos *clusters*, desenvolveram-se três tipos de cenários: (1) otimista; (2) pessimista; e (3) intermédio. As análises de sensibilidade construídas para os cenários referidos, pressupõem variações máximas de 0.20 (cenário otimista) ou -0.20 unidades (cenário pessimista), para cada variável, respeitando o intervalo de [-1; 1]. No caso do cenário intermédio, as variações podem atingir um máximo de 0.20 ou de -0.20.

No que respeita ao *cluster Fatores Políticos*, considerando o cenário otimista, foi arquitetada uma reformulação ao nível das políticas públicas operacionais, das entidades de financiamento e de entidades responsáveis pela legislação. Mais concretamente, assumiu-se: (1) criação de instrumentos de apoio específicos para a área da energia e para as PME's; (2) criação de linhas de financiamento para medidas de eficiência energética e para a renovação de equipamentos mais antigos; (3) maior adequação dos instrumentos existentes às necessidades das PME's; (4) simplificação do acesso aos apoios e redução do nível burocrático das candidaturas; (5) criação de linhas de incentivo ao financiamento com base em benefícios fiscais (*e.g.*, indexado à pegada ecológica ou à pegada de carbono); (6) adequação da legislação às dinâmicas de evolução estrutural da economia; (7) criação de regras para a formação na área da energia; e (8) criação de linhas de financiamento para a realização de auditorias energéticas.

A *Tabela 7* apresenta as onze variáveis constantes diretamente impactadas pelas medidas referidas e respetivas variações introduzidas na simulação. Este cenário pretende adaptar-se à realidade atual, na medida em que a criação de cenários energéticos alternativos e a definição de estratégias para uma energia mais “limpa” e competitiva no futuro é uma necessidade, ainda para mais ao nível das PME's.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS REFORMULAÇÃO (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Política Comunitária	1.00	1.00	0.00
Política Local	0.50	0.70	0.20
Políticas Sustentáveis e Consistentes	0.90	1.00	0.10
Orçamento de Estado	-0.40	-0.20	0.20
Falta de Regulação para as PMES	-0.80	-0.60	0.20
Falta de Regulação para as Energias	-0.70	-0.50	0.20
Questões Burocráticas	-0.30	-0.10	0.20
Falta de Informação	-0.80	-0.60	0.20
Questões Legais	-0.90	-0.70	0.20
Incentivos Fiscais	0.80	1.00	0.20
Auditorias Energéticas	0.60	0.80	0.20

Tabela 7. Variáveis Constantes Impactadas por Reformulações de Cariz Político

A Figura 9 exhibe as alterações provocadas no *cluster Fatores Políticos*, sendo a linha *intra-cluster1* representativa da variação provocada no cenário inicial.

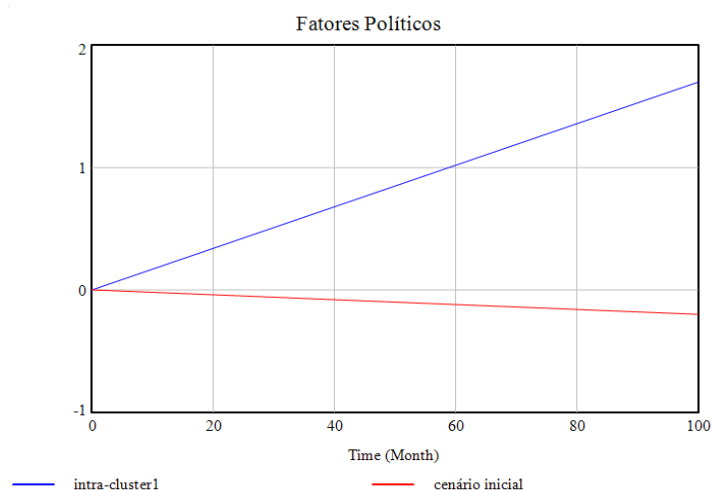


Figura 9. Impacto do Cenário Otimista no Cluster Fatores Políticos

Tendo em conta que a variação considerada em todas as variáveis foi de igual valor, parece evidente que, quanto maior for o peso da variação da relação de causalidade, maior

será o impacto no *cluster*. Neste caso, a variação positiva exercida nas variáveis constantes provoca um aumento do declive da reta que representa os *Fatores Políticos*, sendo este gradual com a passagem do tempo. Este fenómeno ocorre porque as reformulações realizadas a nível governamental provocaram um efeito positivo nas variáveis que compõem o *cluster*. Assim sendo, também a influência no *cluster* se refletiu num efeito positivo.

No segundo cenário (*i.e.*, cenário pessimista), considerou-se a possibilidade de ocorrer uma crise política. Uma crise deste tipo comporta consequências negativas diretas ao nível de políticas orçamentais, investimento, confiança dos mercados, emprego e crescimento económico. Nesta perspetiva, este cenário assume: (1) variáveis mantidas constantes e não ajustadas ao ano em causa (*i.e.*, políticas nem sempre sustentáveis e consistentes); (2) a perda de confiança na política; (3) uma possível diminuição dos incentivos, visto que uma crise política condiciona o investimento público e privado; (4) um possível aumento dos impostos; e (5) um aumento do risco. Neste sentido, a *Tabela 8* demonstra a forma como nove variáveis pertencentes ao *cluster Fatores Políticos* reagiram ao cenário pessimista descrito.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CRISE POLÍTICA (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Orçamento de Estado	-0.40	-0.60	-0.20
Confiança	0.90	0.70	-0.20
Políticas Sustentáveis e Consistentes	0.90	0.70	-0.20
Falta de Regulação para as PMES	-0.80	-1.00	-0.20
Falta de Regulação para as Energias	-0.70	-0.90	-0.20
Falta de Informação	-0.80	-1.00	-0.20
Risco	-1.00	-1.00	0.00
Incentivos Fiscais	0.80	0.60	-0.20
Impostos	-0.40	-0.60	-0.20

Tabela 8. Variáveis Constantes Impactadas pela Crise Política

Estas variações foram inseridas no sistema com o objetivo de avaliar o impacto gerado no *cluster Fatores Políticos*, como ilustra a *Figura 10*.

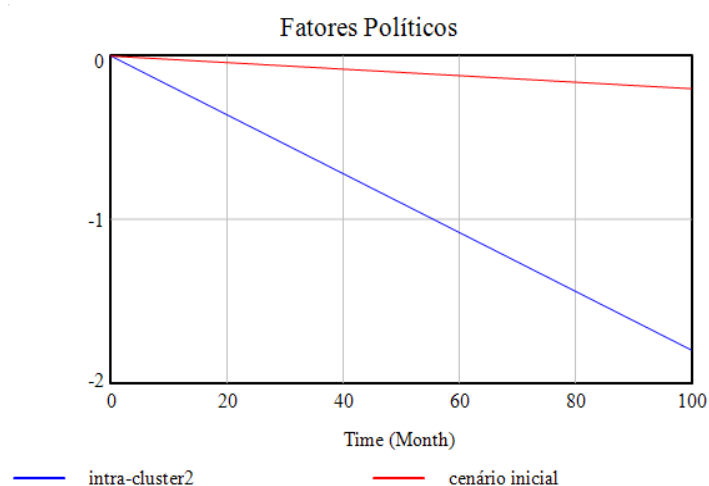


Figura 10. Impacto do Cenário Pessimista no Cluster Fatores Políticos

Tendo em conta que a *Figura 10* ilustra o panorama de uma crise política (*i.e.*, *intra-cluster2*), verifica-se um realce da inclinação negativa da reta, mais especificamente, na diminuição dos *Fatores Políticos*, sendo este gradual com a passagem do tempo. Neste caso, é visível uma quebra no valor do *cluster* mais acentuada que a situação inicial (*i.e.*, cenário inicial), que, só por si, já provocava uma diminuição gradual dos *Fatores Políticos* com a passagem do tempo. Isto poderá ser explicado, pelo facto de a crise política motivar um efeito negativo nas variáveis que compõe o *cluster*.

Por fim, foi estabelecido o cenário intermédio, que pressupõe a implementação de políticas públicas enquadradas no âmbito das desenvolvidas pela UE, por entidades com influência política no mercado energético. Como exemplos disso, apresentam-se os programas ENE2020, Estratégia Europa 2020 e *Roadmap 2050*. O programa ENE2020 tem os seguintes grandes eixos: (1) aposta nas energias renováveis; (2) promoção da eficiência energética; (3) garantia da segurança de abastecimento; (4) sustentabilidade da estratégia energética; e (5) agenda para a competitividade, crescimento e independência energética e financeira (*cf.* Silva, L., 2010). O programa Estratégia Europa 2020, por seu turno, prevê a implementação de políticas de benefício fiscal e/ou financeiro, avaliados pela redução da intensidade carbónica, acordos específicos de eficiência energética para a indústria, políticas de financiamento e descentralização das políticas de eficiência energética através das agências de energia que englobem todos os setores de atividade económica e não apenas um setor (*cf.* Naterer *et al.*, 2018). Também o *Roadmap 2050* constitui um guia de orientação para os Estados Membros em tomadas de decisão no setor energético, como é o caso da descarbonização (*cf.* Odenberger *et al.*, 2013). Para além disso, este cenário

pressupõe: (1) aumento dos impostos nas tecnologias consideradas mais poluentes e nocivas para o ambiente; (2) aumento das questões burocráticas, como é o caso da dificuldade de acesso a apoios; (3) aumento do risco associado à introdução de novas tecnologias; (4) revisão da legislação nacional, com a criação de novas medidas e ações referentes à utilização e comercialização de produtos mais eficientes; (5) deficiente orientação dos instrumentos de apoio para PMEs; e (6) baixo nível de informação sobre novas tecnologias para a eficiência energética e benefícios potenciais. Assim, importa refletir sobre o impacto deste cenário ao nível das variáveis constantes que constituem os *Fatores Políticos*. A *Tabela 9* reflete dez variáveis diretamente impactadas pelas medidas acima referidas.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO INTERMÉDIO (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Impostos	-0.40	-0.60	-0.20
Questões Legais	-0.90	-1.00	-0.10
Políticas Sustentáveis e Consistentes	0.90	1.00	0.10
Falta de Regulação para as PMEs	-0.80	-1.00	-0.20
Falta de Regulação para as Energias	-0.70	-0.50	0.20
Falta de Informação	-0.80	-1.00	-0.20
Risco	-1.00	-1.00	0.00
Política Local	0.50	0.70	-0.20
Política Comunitária	1.00	1.00	0.00
Questões Burocráticas	-0.30	-0.50	-0.20

Tabela 9. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Intermédio

Após inseridas estas alterações no sistema, realizou-se uma comparação entre os efeitos gerados pelos três cenários aquitetados para os *Fatores Políticos* (*i.e.*, *intracluster1*, *intracluster2* e *intracluster3*) com o cenário inicial. A *Figura 11* demonstra o impacto provocado pelo cenário intermédio no *cluster Fatores Políticos* e respetiva comparação com os restantes.

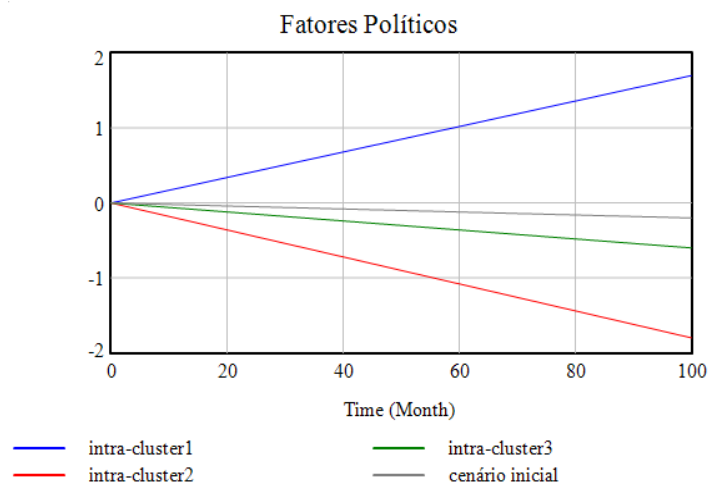


Figura 11. Efeitos dos Três Cenários Quando Comparados com o Cenário Inicial

Como é possível verificar, o cenário intermédio (*i.e.*, *intra-cluster3*) prevê uma diminuição mais acentuada dos *Fatores Políticos*, relativamente ao cenário inicial. Este facto advém da variação nos pesos das variáveis que compõe o *cluster* representarem um efeito negativo superior ao causado pelo cenário inicial, sendo que a sua influência no *cluster* também se refletiu num efeito mais negativo.

No que toca à relação do cenário intermédio com o cenário otimista (*i.e.*, *intra-cluster1*) e pessimista (*i.e.*, *intra-cluster2*), entende-se que, de facto, este apresenta uma relação de causalidade intermédia no que toca aos *Fatores Políticos*, apesar de continuar a ser negativa. A análise do valor gerado nos *Fatores Políticos* por cada cenário permite aprofundar a análise desta posição intermédia, pois: (1) o cenário inicial gera um valor de -0.20 nos *Fatores Políticos*; (2) o cenário otimista um valor de 1.70; (3) o cenário pessimista um valor de -1.80; e (4) o cenário intermédio um valor de -0.60. Neste sentido, o cenário otimista é o único que gera um valor positivo nos *Fatores Políticos*. Para além disso, é possível constatar que o cenário intermédio provoca um valor inferior ao cenário inicial, encontrando-se mais próximo do cenário pessimista que do otimista.

Os cenários arquitetados anteriormente para os *Fatores Políticos* destacam a importância do Governo e das restantes entidades políticas como agentes capazes de mobilizar a consecução da estratégia de eficiência energética ao nível das PME's. Isto porque são eles que definem estratégias e políticas, estabelecendo o rumo a seguir em matéria de energia e de política empresarial, tendo em vista a sustentabilidade da economia e da sociedade em geral, seja a nível nacional ou mesmo internacional.

Após concluída a análise do impacto de cada cenário no valor do próprio *cluster* (i.e., *Fatores Políticos*), importa analisar o seu comportamento no conceito *head* (i.e., *Sustentabilidade PME*). Assim, a *Figura 12* ilustra a comparação entre o impacto dos quatro cenários na *Sustentabilidade PME*.

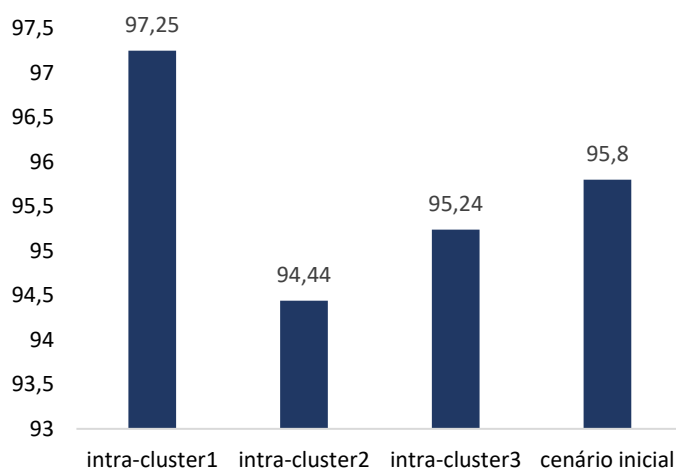


Figura 12. Impacto dos Cenários Arquetetados para os *Fatores Políticos*, no Conceito *Head*

Como podemos observar, todos os cenários geram valores positivos na *Sustentabilidade PME*, até mesmo o pessimista (i.e., *intra-cluster2*), apesar do seu efeito negativo nos *Fatores Políticos*. Por outro lado, quando comparados com o cenário inicial, o cenário otimista (i.e., *intra-cluster1*) provoca um aumento de 1.40% no valor do conceito *head*, enquanto o cenário intermédio (i.e., *intra-cluster3*) provoca uma variação de -0.50% e o pessimista de -1.40%.

Seguidamente, foi realizado o mesmo tipo de simulações ao nível dos *Fatores Sociais*, sendo que o primeiro cenário proposto se baseou numa perspetiva otimista. Neste caso, considerou-se o maior envolvimento de: (1) associações nacionais, regionais e setoriais; (2) associações ligadas à gestão e dinamização de polos de competitividade; (3) representantes dos mercados e dos consumidores; e, também, (4) dos media, pelo seu papel na disseminação de informação. Nesta perspetiva, este cenário assume a adoção das seguintes medidas por parte dos agentes referidos: (1) promoção da inovação nas PMEs; (2) partilha das oportunidades, desafios e tendências das PMEs, junto dos poderes públicos, apoiando a disseminação dos instrumentos e mecanismos adequados; (3) criação de redes, dinamização de parcerias estratégicas e redes colaborativas, facilitando a transferência e a partilha de conhecimento, bem como a criação de oportunidades de negócio e a colaboração

em projetos estratégicos de interesse coletivo; (4) definição de objetivos estratégicos, económicos e de internacionalização conjuntos, podendo adquirir elevada relevância no domínio da eficiência energética; (5) divulgação de casos de sucesso de redução do consumo de energia; (6) realização de projetos e ações de sensibilização para a eficiência energética dirigidos aos empresários; e (7) promoção de programas de formação para a energia. A *Tabela 10* reflete as onze variáveis diretamente impactadas pelas medidas acima referidas.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS REFORMULAÇÃO (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Media	-1.00	-0.80	0.20
Partilha de Práticas	0.40	0.60	0.20
Associativismo	0.60	0.80	0.20
Individualismo	-0.50	-0.30	0.20
Tendências	0.60	0.80	0.20
Parcerias	0.40	0.60	0.20
Formação	1.00	1.00	0.00
Comunicação	0.60	0.80	0.20
Resistência à Mudança	-0.60	-0.40	0.20
Inovação	0.60	0.80	0.20
Publicidade	0.40	0.60	0.20

Tabela 10. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Otimista

Estas alterações nas variáveis constantes foram introduzidas no sistema com o objetivo de analisar os efeitos gerados no *cluster Fatores Sociais*. O *output* gerado está ilustrado na *Figura 13*.

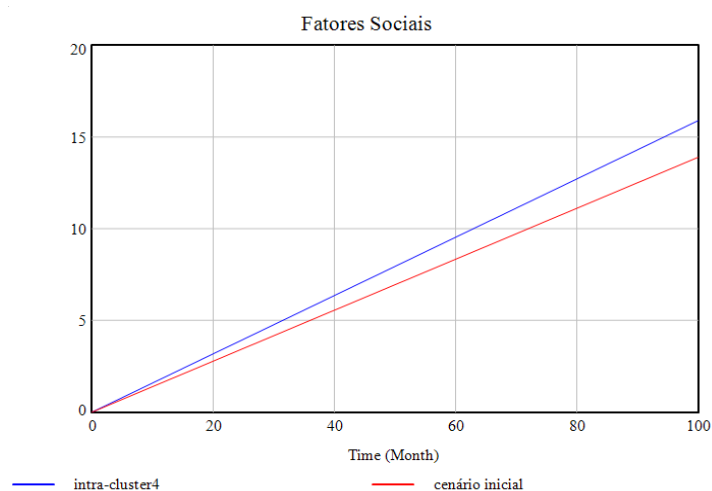


Figura 13. Impacto do Cenário Otimista no Cluster Fatores Sociais

Como podemos observar na *Figura 13*, este cenário (*i.e.*, *intra-cluster4*) provocou um aumento do declive da reta correspondente aos *Fatores Sociais*, sendo este gradual com a passagem do tempo. Isto poderá ser explicado pelo facto de terem sido efetuadas variações positivas na intensidade das variáveis constantes pertencentes ao *cluster*.

No segundo cenário (*i.e.*, cenário pessimista), considerou-se que a PME em análise tinha as seguintes características: (1) inércia organizacional e cultural; (2) níveis de envolvimento insuficientes por parte da gestão de topo; (3) conhecimento insuficiente das necessidades e potencialidades do mercado; (4) baixa perceção dos instrumentos de apoio disponíveis; (5) desconhecimento das experiências de sucesso empresariais nacionais nesta área; (6) deficiente sensibilização e formação dos colaboradores na área de energia; (7) escassez de competências internas em recursos humanos e falta de tradição no acesso a competências externas; (8) não existirem atribuições de responsabilidades na área da energia (*e.g.*, gestor de energia); e (9) baixo nível de informação sobre novas tecnologias para a eficiência energética e benefícios potenciais. A *Tabela 11* reflete as nove variáveis diretamente impactadas pelas medidas acima referidas.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO PESSIMISTA (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Falta de informação	-0.80	-1.00	-0.20
Formação	1.00	0.80	-0.20
Mudança de Comportamento	0.70	0.50	-0.20
Resistência à Mudança	-0.60	-0.80	-0.20
RH com Pouca Experiência	-0.60	-0.80	-0.20
Política Interna da Empresa	0.20	0.00	-0.20
Grupo que Integra	0.40	0.20	-0.20
Crenças da Organização	0.40	0.20	-0.20
Liderança	0.90	0.70	-0.20

Tabela 11. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Pessimista

Após serem inseridas estas variações no sistema, o comportamento dos *Fatores Sociais* modificou-se, como está ilustrado na *Figura 14*.

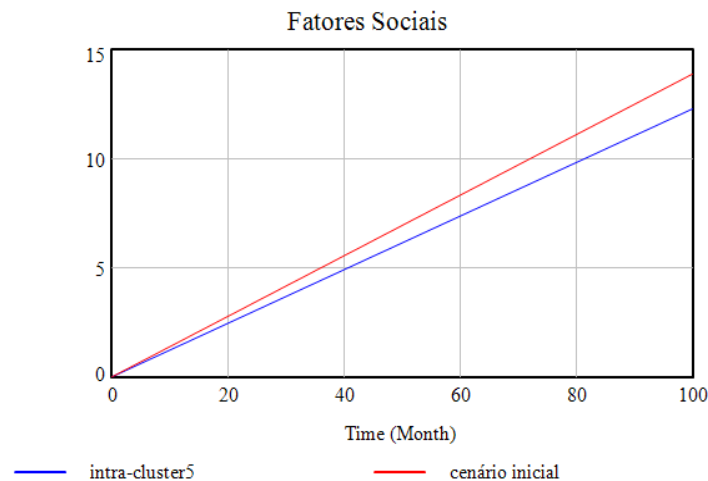


Figura 14. Impacto do Cenário Pessimista no Cluster Fatores Sociais

A variação negativa nas variáveis que compõe os *Fatores Sociais* provocaram um efeito negativo na reta que representa este mesmo *cluster*, com a passagem do tempo. Este padrão pretende adaptar-se à realidade atual, na medida em que pressupõe características que constituem barreiras enfrentadas pela maioria das PMEs no processo de adaptação à

realidade energética, como referido anteriormente (*cf.* Trianni e Cagno, 2012). Para além disso, reflete a estratégia e os valores de muitas PME's no que toca a decisões de cariz energético.

Por fim, foi formulado o cenário intermédio que pressupõe um misto entre aquelas que são as barreiras sociais das PME's e um incentivo no que toca a medidas implementadas para as superar. Assim, este cenário assume incentivos sociais à eficiência energética e à adoção de energias mais “limpas”, no âmbito da responsabilidade social, como é o caso de: (1) *InnoEnergy* que, para além de dar apoio ao nível do investimento, colabora com as PME's através de uma rede de mentores, parceiros e potenciais clientes e de acesso direto a recursos humanos altamente qualificados, assim como a eventos internacionais na área da energia e do investimento; (2) *PME Connect*, projeto que pretende impulsionar a internacionalização das PME's com a ajuda dos grupos fortemente internacionalizados; (3) *GALP ProEnergy*, que é um programa de sensibilização do tecido empresarial português, com o objetivo de promover a redução dos consumos de energia elétrica nas PME's nacionais; (4) *Meetings* (*e.g.*, “Encontro Nacional das Agências de Energia”); e (5) conferências (*e.g.*, “Eficiência Energética no Futuro das PME's”). Assim, para além das parceiras, do associativismo, dos encontros e dos projetos estarem a ganhar expressão no que toca ao desafio energético das PME's, este cenário considera a sensibilização crescente ao nível dos media, das redes sociais e mesmo da cultura da sociedade em geral.

Apesar da diminuição do individualismo social, as barreiras das PME's no que toca à integração da realidade energética ainda é muito sentida, principalmente devido a características comportamentais e organizacionais (*cf.* Trianni e Cagno, 2012). Assim, este cenário atenta: (1) ao baixo envolvimento da gestão de topo; (2) à falta de informação, seja de necessidades e potencialidades do mercado, de legislação, de instrumentos de apoio disponíveis ou de experiências de sucesso empresariais nacionais nesta área; (3) à baixa formação dos recursos humanos na área da energia; (4) à inexistência de funções/responsabilidades na área da energia; (5) à inércia; e (6) à pouca prioridade dada a questões energéticas. Após refletir o impacto destas medidas ao nível do valor associado às variáveis constantes que integram o *cluster Fatores Sociais*, obtiveram-se os valores demonstrados na *Tabela 12*.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO INTERMÉDIO (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Associativismo	0.6	0.8	0.20
Parceiras	0.4	0.6	0.20
Individualismo	-0.5	-0.3	0.20
Media	-1	-0.8	0.20
Redes sociais	0.6	0.8	0.20
Cultura da Sociedade	0.5	0.7	0.20
Boas Práticas na Vida dos Trabalhadores	0.7	0.5	-0.20
Mudança de Comportamento	0.7	0.5	-0.20
Liderança	0.9	0.7	-0.20
Resistência à Mudança	-0.6	-0.8	-0.20

Tabela 12. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Intermédio

A *Figura 15* ilustra as alterações provocadas no *cluster Fatores Sociais*, tendo em conta o cenário intermédio e possibilitando fazer a comparação entre os três cenários atrás desenvolvidos (*i.e.*, *intra-cluster4*, *intra-cluster5*, *intra-cluster6*) com o cenário inicial.



Figura 15. Efeitos dos Três Cenários Quando Comparados com o Cenário Inicial

É possível perceber que o cenário intermédio (*i.e.*, *intra-cluster6*) gera um aumento no declive da reta que lhe está associada, ao longo do tempo, quando comparado

ao cenário inicial. Este aumento, pode ser justificado pelo facto de o valor das intensidades das variáveis que compõe os *Fatores Sociais* ser superior às que foram atribuídas pelos decisores (*i.e.*, no cenário inicial). Assim sendo, também a influência no *cluster* se refletiu num efeito mais positivo. Por outro lado, quando comparado o cenário intermédio com o cenário otimista (*i.e.*, *intra-cluster4*) e o cenário pessimista (*i.e.*, *intra-cluster5*), este apresenta uma relação de causalidade intermédia no que toca aos *Fatores Sociais*. Analisando os valores associados para cada um dos cenários, é possível aprofundar o conhecimento acerca do comportamento do cenário intermédio, pelo que, apesar deste provocar uma situação intermédia (14.30), encontra-se mais próximo do cenário otimista (15.09) que do cenário pessimista (12.30).

Os três cenários definidos anteriormente alertam para a importância da comunidade em geral e dos *media* nas decisões de cariz energético nas PME. Por um lado, é a sociedade em geral que promove a aceitação e o reconhecimento das empresas que enveredam e mostram claramente estar envolvidas na melhoria da eficiência energética. Por outro lado, são os *media* que desenvolvem o principal papel no envolvimento da sociedade e na divulgação da urgência e da necessidade da eficiência energética. Por fim, estes cenários realçam o peso de outro segmento de cariz social nas próprias empresas, crucial nestes processos, visto que é fundamental que existam recursos humanos formados, sensibilizados e motivados para apoiar a melhoria da eficiência energética nas empresas de que fazem parte. Na *Figura 16* apresenta-se o impacto dos quatro cenários estudados (*i.e.*, *intra-cluster4*, *intra-cluster5* e *intra-cluster6*) para os *Fatores Sociais* na *Sustentabilidade PME*.

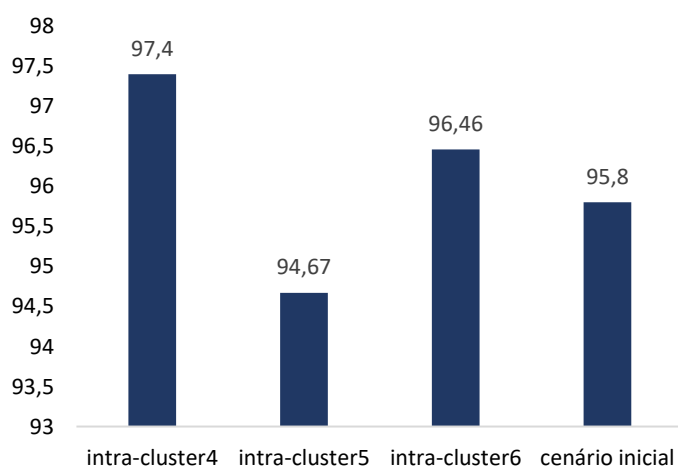


Figura 16. Impacto dos Cenários arquitetados para os *Fatores Sociais*, no Conceito *Head*

Todos os cenários revelam valores positivos na *Sustentabilidade PME*. No entanto, o cenário otimista (*i.e., intra-cluster4*) produz um aumento de 1.60% relativamente ao cenário arquitetado pelos decisores (*i.e., cenário inicial*). Já o cenário intermédio reproduz uma acentuação mais ligeira, de apenas 0.69%, enquanto o cenário pessimista (*i.e., intra-cluster5*) origina a um decréscimo no valor da *Sustentabilidade PME* de cerca de 1.18%.

No que respeita aos *Fatores Económico-Financeiros*, o cenário otimista considerou: (1) descida do preço da energia; (2) redução dos custos associados às tecnologias endógenas, sejam eles de aquisição, implementação, manutenção ou mesmo custos ocultos; (3) aumento do apoio ao financiamento, visto que grande parte dos investimentos em eficiência energética se encontram constrangidos pelo período de retorno que lhe está associado, sendo este tipo de incentivos uma das formas de apoiar as PMEs na redução desse período de retorno; (4) diversificação das fontes de financiamento; (5) aumento dos incentivos à exportação, à construção e à reformulação de infraestruturas e aquisição de equipamentos, à formação e qualificação de recursos humanos e à gestão de produção e otimização; e (6) aposta na investigação e desenvolvimento (I&D), através de projetos ajustados às necessidades concretas das PMEs, orientados para a promoção da sustentabilidade. A *Tabela 13* reflete as variáveis impactadas pelas medidas adotadas.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO OTIMISTA (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Preço	-1.00	-0.80	0.20
Custo de Investimento em Tecnologias Endógenas	-0.30	-0.10	0.20
Fontes de Financiamento	0.90	1.00	0.10
Custos Ocultos	-0.40	-0.20	0.20
Custo dos Sistemas Energéticos	-1.00	-0.80	0.20
Manutenção de Equipamentos	-0.40	-0.60	0.20
Investimento em Novas Tecnologias	0.30	0.50	0.20
Investimento em Investigação	0.10	0.30	0.20
Existência de Infraestruturas	0.90	1.00	0.10
Acesso a Novos Mercados Internos e Externos	0.30	0.50	0.20
Equipamentos Eficientes	0.70	0.90	0.20

Tabela 13. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Otimista

Neste sentido, o “peso inicial” foi substituído no sistema pelo “peso após cenário otimista” com o objetivo de analisar a evolução do comportamento dos *Fatores Económico-Financeiros* e compará-lo com o provocado pelo cenário inicial (*Figura 17*).

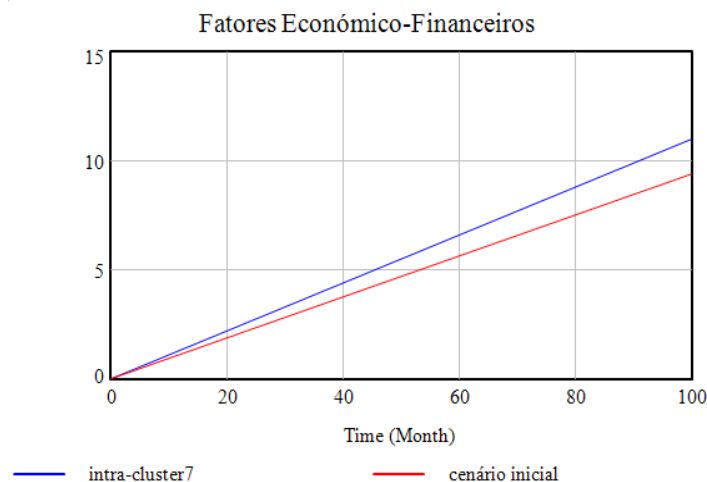


Figura 17. Impacto do Cenário Otimista no Cluster Fatores Económico-Financeiros

Conforme ilustra a *Figura 17*, este cenário (*i.e.*, *intra-cluster7*) provocou um acréscimo gradual no declive da reta correspondente aos *Fatores Económico-Financeiros*. Este fenómeno advém do facto de as medidas implementadas neste cenário provocarem um efeito positivo superior ao cenário inicial nas variáveis que compõe o *cluster*. Por forma a consolidar esta análise, observou-se o valor associado aos *Fatores Económico-Financeiros* para o cenário otimista (11.00) e para o cenário inicial (9.30).

No segundo cenário (*i.e.*, cenário pessimista), considerou-se a possibilidade de um abrandamento do crescimento económico. Atualmente, existe a tendência de abrandamento do crescimento económico mundial e europeu, pelo que também a economia portuguesa é afetada, visto ser fortemente dependente do exterior (*cf.* Banco de Portugal, 2018). Um cenário deste tipo conduz: (1) a uma quebra das exportações; (2) à diminuição da rentabilidade das empresas, associada a uma menor capacidade financeira; (3) a limitações nos orçamentos empresariais e, como consequência, à aposta em matérias primas mais baratas e ao condicionamento do investimento; (4) a cortes no orçamento de Estado, bem como a uma diminuição dos incentivos fiscais e ao aumento dos impostos; (5) à diminuição da oferta de mercado, condicionada pelo decréscimo da procura; e (6) a um risco maior suportado pelas empresas, devido à fragilidade a que ficam expostas quando têm a sua capacidade de investimento e produtiva comprometida. Neste sentido, importa refletir o

impacto destas medidas ao nível das variáveis constantes que constituem os *Fatores Económico-Financeiros*. A *Tabela 14* reflete as nove variáveis diretamente impactadas pelas medidas acima referidas.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO PESSIMISTA (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Orçamento	-1.00	-1.00	0.00
Impostos	-0.40	-0.60	-0.20
Falta de Incentivos	-0.50	-0.70	-0.20
Investimento	0.70	0.50	-0.20
Rentabilidade	0.90	0.70	-0.20
Acesso a Novos Mercados Internos e Externos	0.30	0.10	-0.20
Capacidade Financeira	1.00	0.80	-0.20
Risco	-1.00	-1.00	0.00
Oferta de Mercado	0.50	0.30	-0.20

Tabela 14. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Pessimista

A *Figura 18* reflete os efeitos gerados no *cluster Fatores Económico-Financeiros*, tendo em conta as alterações consideradas em algumas das variáveis constantes que o constituem.

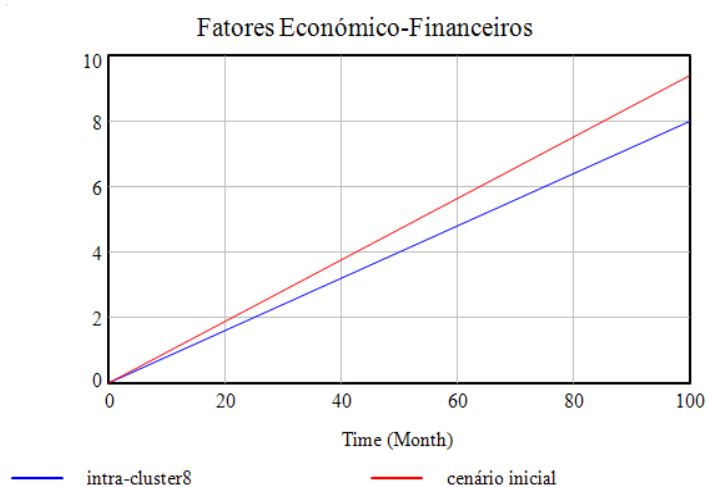


Figura 18. Impacto do Cenário Pessimista no Cluster Fatores Económico-Financeiros

Como ilustra a *Figura 18*, o cenário pessimista (*i.e.*, *intra-cluster*⁸) gerou uma diminuição no declive da reta associada aos *Fatores Económico-Financeiros*. Este comportamento deve-se ao facto de o efeito reproduzido nas variáveis constantes impactadas ser, também, negativo.

Por último, foi definido o cenário intermédio que está associado a uma época de transição com incerteza associada. Este cenário visa cumprir os seguintes objetivos estratégicos: (1) dar prioridade à eficiência energética, informando, capacitando e mudando comportamentos; (2) promover a descarbonização do setor, com tecnologias menos poluentes; (3) reforçar a competitividade das empresas pela ecoeficiência; e (4) ter um planeamento realizado com prudência, flexibilidade e resiliência. Apesar desta tendência de aposta nas novas energias e na eficiência energética, há ainda ameaças cruciais no que toca às PME's, pois: (1) o custo inicial de algumas tecnologias mais eficientes com períodos de retorno relativamente altos é elevado; (2) existe escassez de recursos financeiros; (3) os recursos humanos têm pouca formação; e (4) a dificuldade no acesso a crédito é uma realidade. Neste sentido, importa refletir o impacto destas medidas ao nível das variáveis constantes que constituem os *Fatores Económico-Financeiros*. A *Tabela 15* reflete as dez variáveis diretamente impactadas pelas medidas acima referidas.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO INTERMÉDIO (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Medidas de Eficiência Energética	0.30	0.50	0.20
Existência de Infraestruturas	0.90	1.00	0.10
Tecnologia	0.60	0.80	0.20
Concorrência	-0.50	-0.30	0.20
Planeamento	0.80	1.00	0.20
<i>Payback</i> Elevado	-0.90	-1.00	-0.10
Custo dos Sistemas Energéticos	-1.00	-1.00	0.00
Capacidade Financeira	1.00	0.80	-0.20
Fontes de Financiamento	0.90	0.70	-0.20
RH com Pouca Formação	-0.40	-0.60	-0.20

Tabela 15. Variáveis constantes impactadas pelo cenário intermédio

A *Figura 19* ilustra o comportamento dos *Fatores Económico-Financeiros* após a reformulação imposta pelo cenário intermédio (*i.e.*, *intra-cluster9*). Esta figura possibilita também a comparação entre o cenário intermédio e o respetivo cenário otimista e pessimista, arquitetado para os *Fatores Económico-Financeiros*.

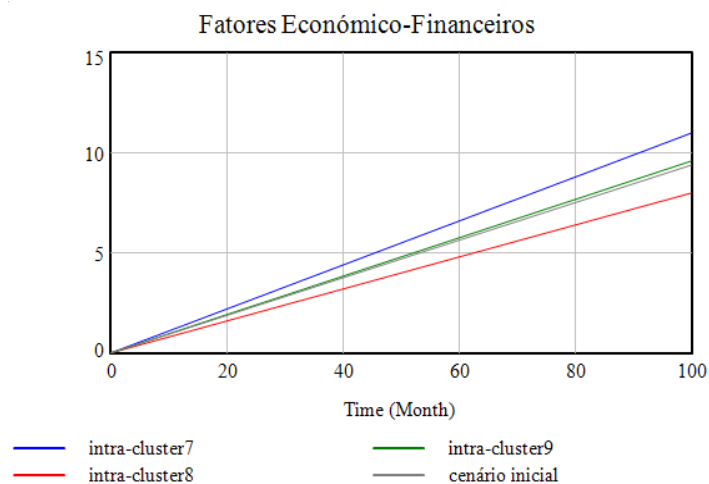


Figura 19. Efeitos dos Três Cenários Quando Comparados com o Cenário Inicial

Como é possível verificar, o cenário intermédio (*i.e.*, *intra-cluster9*) provoca um aumento mais acentuado no declive dos *Fatores Económico-Financeiros*, relativamente ao cenário inicial, apesar de muito próximo. Isto pode ser explicado pelo facto de o total dos pesos decorrentes das variáveis que compõe o *cluster* representarem um efeito positivo superior ao causado no caso do cenário inicial. Assim sendo, também a influência no *cluster* se refletiu num efeito mais positivo.

No que toca à relação do cenário intermédio com o cenário otimista (*i.e.*, *intra-cluster7*) e pessimista (*i.e.*, *intra-cluster8*), como era de esperar, o cenário intermédio assume uma posição central quando comparado com os outros dois cenários. Esta relação fica bem explícita quando comparados os valores assumidos de cada cenário (*i.e.*, no pessimista, o valor do *cluster* é de 8.00; no intermédio de 9.60; e no otimista de 11.00).

Os três cenários construídos para o *cluster Fatores Económico-Financeiros* realçam a importância da banca, das sociedades de capital de risco e de outras entidades responsáveis pela concessão de crédito ao investimento empresarial, bem como as entidades que atuam na esfera pública e são responsáveis pela gestão e atribuição de apoios financeiros aos projetos de investimento empresarial.

Para além da análise relativa ao comportamento do *cluster* quando simulado cada cenário, torna-se relevante estudar como reage o conceito *head*. A *Figura 20* ilustra os valores assumidos pela *Sustentabilidade PME*, quando simulados cada um dos quatro cenários apresentados anteriormente para os *Fatores Económico-Financeiros*.

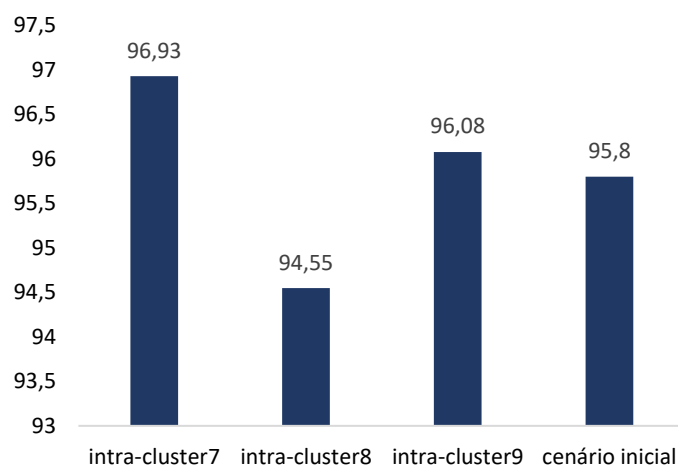


Figura 20. Impacto dos Cenários Arquitetados para os *Fatores Económico-Financeiros* no Conceito *Head*

Como é possível verificar, o comportamento que os quatro cenários provocam nos *Fatores Económico-Financeiros* reflete-se de igual forma na *Sustentabilidade PME*. Ainda assim, o cenário otimista provoca o valor mais positivo na *Sustentabilidade PME* (96.93), enquanto no cenário pessimista o valor mais baixo (94.55). Para além disso, o cenário intermédio reproduz um acréscimo de 0.29% relativamente ao cenário proposto pelos decisores (*i.e.*, cenário inicial).

Em último lugar, a análise com base em cenários foi realizada para *Fatores Ambientais/Energéticos*. Neste sentido, o primeiro cenário definido foi o cenário otimista. Neste cenário, considerou-se uma possível crise energética. Esta crise leva ao desenvolvimento de medidas alternativas, que protegem não só o ambiente mas, também, a economia e, por isso, afetam positivamente a sustentabilidade energética das PMEs. Dentro dessas medidas podemos destacar: (1) investimento em tecnologia em prol da eficiência energética; (2) maior diversificação das fontes de energia e assim, o menor recurso a combustíveis fósseis; (3) diminuição das emissões; (4) aumento do investimento em investigação; (5) desenvolvimento de legislações favoráveis à eficiência energética e a energias mais limpas; (6) determinação de metas de redução do consumo energético; (7)

desenvolvimento de produtos mais eficientes numa perspectiva de ciclo de vida; (8) minimização da geração de resíduos; e (9) valorização e tratamento de resíduos. Neste sentido, importa refletir o impacto destas medidas ao nível das variáveis constantes que constituem os *Fatores Ambientais/Energéticos*, como apresentado na *Tabela 16*.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO OTIMISTA (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO INTRODUZIDA NA ANÁLISE
Investimento em Novas Tecnologias	0.30	0.50	0.20
Investimento em Investigação	0.10	0.30	0.20
Redução do Consumo Energético	0.20	0.40	0.20
Fontes de Energia Utilizadas	0.70	0.90	0.20
Combustíveis Fósseis	-0.40	-0.20	0.20
Diminuição das Emissões	0.10	0.30	0.20
Ciclo de Vida (Reutilização)	0.20	0.40	0.20
Ciclo de Vida (Desperdício)	-0.20	0.00	0.20
Tratamento de Resíduos	0.40	0.60	0.20
Concursos Públicos para a Melhoria da Eficiência Energética	0.60	0.80	0.20
Infraestruturas Eficientes	0.40	0.60	0.20

Tabela 16. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Otimista

Após inseridas estas alterações no sistema, compararam-se os efeitos gerados pelo cenário otimista com aqueles provocados pelo cenário inicial arquitetado para os *Fatores Ambientais/Energéticos* (ver *Figura 21*).

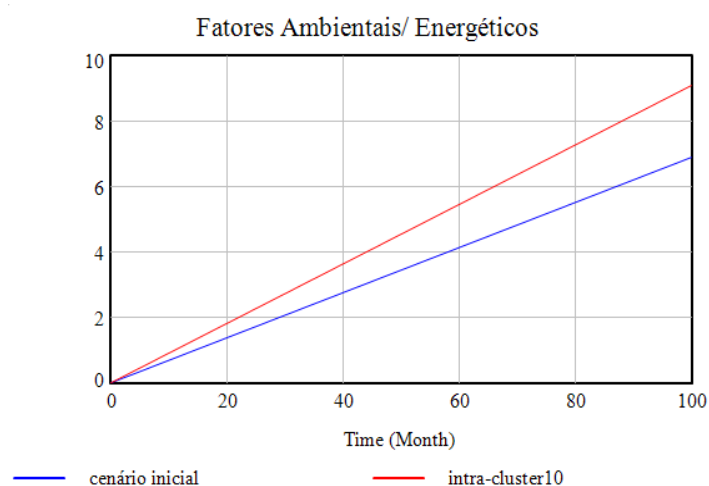


Figura 21. Impacto do Cenário Otimista no Cluster Fatores Ambientais/Energéticos

Como podemos observar na *Figura 21*, este cenário (*i.e.*, *intra-cluster10*) provocou um aumento no declive dos *Fatores Ambientais/Energéticos*, sendo este gradual com o passar do tempo. Quando comparado com o cenário inicial, percebe-se que o cenário otimista gera uma situação mais positiva, pois as medidas implementadas neste mesmo cenário provocaram também um efeito mais positivo nas variáveis que compõe o *cluster*.

Por outro lado, também para este *cluster*, foi desenvolvido um cenário pessimista. Este cenário assume: (1) deficiente preocupação com a eficiência energética, uma vez que os custos de energia são relativamente baixos face ao total; (2) falta de inovação; (3) dificuldades em integrar o risco associado à introdução de novas tecnologias; (4) baixo investimento em novas tecnologias; (5) inércia organizacional e cultural; (6) equipamentos produtivos com idade elevada, com baixas eficiências energéticas; (7) falta de investimento em investigação; e (8) falta de articulação entre as empresas e as entidades públicas tendo em vista a adoção de medidas que promovam maiores níveis de eficiência energética nas empresas em domínios de natureza eminentemente técnico-científicos (*e.g.*, concursos públicos para a melhoria da eficiência energética, e prémios de eficiência energética). Neste sentido, importa refletir o impacto destas medidas ao nível das variáveis constantes que constituem os *Fatores Ambientais/Energéticos* (*ver Tabela 17*).

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO PESSIMISTA (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO
Investimento em Investigação	0.10	-0.10	-0.20
Inovação	0.60	0.40	-0.20
Medidas de Eficiência Energética	0.30	0.10	-0.20
Risco	-1.00	-1.00	-0.20
Cultura da Empresa	0.40	0.20	-0.20
Infraestruturas Eficientes	0.40	0.20	-0.20
Concursos Públicos para a Melhoria da Eficiência Energética	0.60	0.40	-0.20
Investimento em Novas Tecnologias	0.30	0.10	-0.20
Prêmios de Eficiência Energética	0.10	-0.10	-0.20

Tabela 17. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Pessimista

Tendo em contas estas variações, a *Figura 22* demonstra o impacto do cenário pessimista nos *Fatores Ambientais/Energéticos*, tendo como referência o cenário inicial.

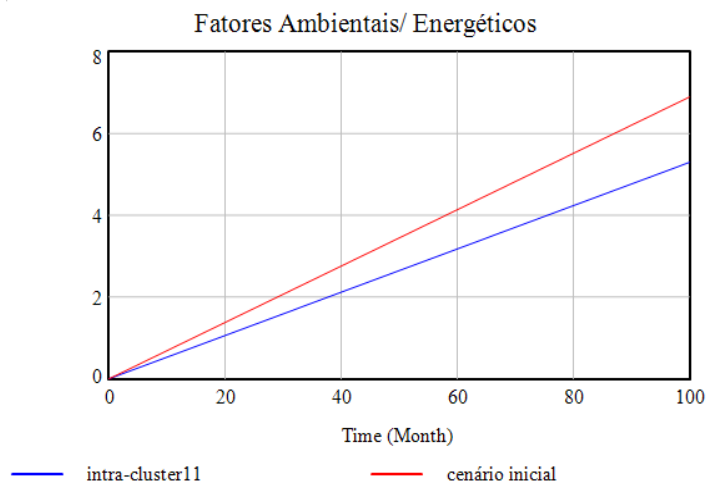


Figura 22. Impacto do Cenário Pessimista no Cluster Fatores Ambientais/Energéticos

Em conformidade com a *Figura 22*, este cenário provocou uma diminuição no valor dos *Fatores Ambientais/Energéticos*. Assim, apesar do declive da reta correspondente aos *Fatores Ambientais/Energéticos* se manter positivo, o cenário pessimista em causa provoca

um efeito negativo no declive da reta que o representa e, por isso, com a passagem do tempo, este cenário gera valores inferiores quando comparados aos do cenário inicial.

Por fim, definiu-se o cenário intermédio, no qual se considerou: (1) fraca aposta em auditorias energéticas que garantam a identificação de aspetos relevantes (*e.g.*, consumos globais associados às diferentes formas de energia utilizadas, balanços dos principais equipamentos e sistemas consumidores de energia, desempenhos energéticos dos principais equipamentos e sistemas consumidores de energia, desagregação dos consumos de energia por principais equipamentos e sistemas consumidores de energia, identificando potenciais medidas de racionalização dos consumos de energia); (2) fraco apoio do setor público (*e.g.*, através de prémios de eficiência energética, concursos públicos para melhoria da eficiência energética, diminuição dos impostos); (3) maior diversificação das fontes de energia utilizadas; e (4) diminuição do recurso a combustíveis fósseis.

Também neste cenário, foi considerada a participação mais ativa das entidades do sistema científico e tecnológico (*i.e.*, laboratórios do Estado, universidades, centros tecnológicos e outros centros de investigação e saber), devido ao seu papel na construção da economia do conhecimento e na produção de conhecimento novo, assim como no desenvolvimento da capacidade de o utilizar para produzir novos produtos e serviços e para inovar, criando novos modelos de negócio ou organizacionais. Por conseguinte, destacam-se igualmente as seguintes medidas: (1) aumento do apoio às empresas na identificação de oportunidades de melhoria e na formulação de projetos de investigação, desenvolvimento ou inovação conducentes a maiores níveis de eficiência energética; (2) participação em projetos de investigação e desenvolvimento tecnológico, conjuntamente com empresas na área da energia, nomeadamente na eficiência energética; (3) promoção de uma maior visibilidade dos resultados da investigação com potencial de aplicação na área da eficiência energética junto das empresas; e (4) promoção de transferência de tecnologia para o setor empresarial através do estabelecimento de contratos programa. Deste modo, importa refletir o impacto destas medidas ao nível das variáveis constantes que constituem os *Fatores Ambientais/Energéticos*. A *Tabela 18* reflete as dez variáveis diretamente impactadas pelas medidas acima referidas.

VARIÁVEL	PESO INICIAL (NO CLUSTER)	PESO APÓS CENÁRIO INTERMÉDIO (NO CLUSTER)	VARIAÇÃO
Investimento em Investigação	0.10	0.30	0.20
Combustíveis Fósseis	-0.40	-0.20	0.20
Auditorias Energéticas	0.60	0.40	-0.20
Fonte de Energia Utilizadas	0.70	0.90	0.20
Investimento em Novas Tecnologias	0.30	0.50	0.20
Inovação	0.60	0.80	0.20
Prémios de Eficiência Energética	0.10	-0.10	-0.20
Impostos	-0.40	-0.60	-0.20
Concursos Públicos para Melhoria da Eficiência Energética	0.60	0.40	-0.20
Redução do Consumo Energético	0.20	0.40	0.20

Tabela 18. Variáveis Constantes Impactadas pelo Cenário Intermédio

A *Figura 23* contempla estas variações no sistema, pelo que permite analisar os efeitos deste cenário nos *Fatores Ambientais/Energéticos*, bem como fazer a sua comparação com os restantes (*i.e.*, *intra-cluster10*, *intra-cluster11* e cenário inicial).

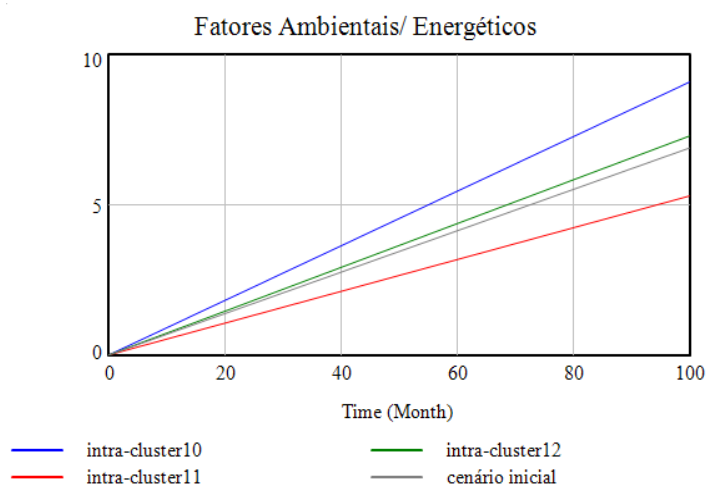


Figura 23. Efeitos dos Três Cenários Quando Comparados com o Cenário Inicial

Como é possível verificar, o cenário intermédio (*i.e.*, *intra-cluster12*) provoca um aumento mais acentuado no declive da reta correspondente aos *Fatores Ambientais/*

Energéticos, comparativamente ao cenário inicial. Esta relação entre cenários está bem refletida nos valores assumidos pelas respetivas retas, pois enquanto o cenário pessimista gera um valor de 5.30 nos *Fatores Ambientais/Energéticos* e o cenário otimista um valor de 9.10, o cenário intermédio mantém uma posição intermedia de 7.30 valores.

Por forma, a tornar a análise mais detalhada, estudou-se o comportamento da variável *head* quando simulados os quatro cenários (*i.e.*, otimista, pessimista, intermédio e inicial). A *Figura 24* demonstra o valor associado à *Sustentabilidade PME* para cada um dos cenários.

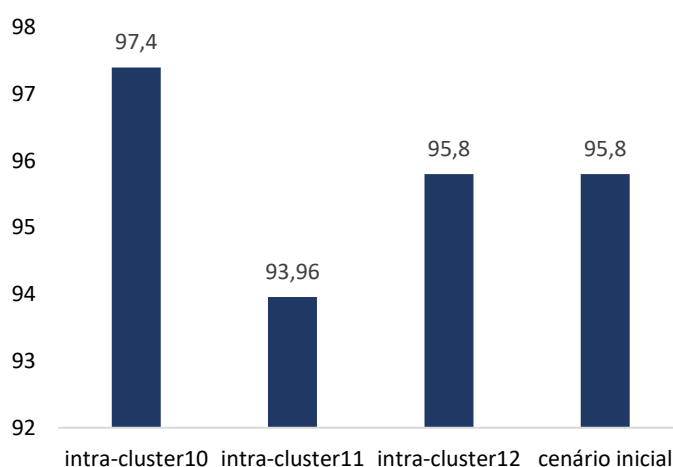


Figura 24. Impacto dos Cenários Arquitetados para os *Fatores Ambientais/Energéticos*, no Conceito *Head*

Como é possível verificar, o cenário que atribui um maior valor à *Sustentabilidade PME* é o otimista (97.40), enquanto aquele que provoca o menor valor é o pessimista (93.96). Neste caso, o cenário inicial e o intermédio (*i.e.*, *intra-cluster12*) geram o mesmo valor na variável *head*, ao contrário do que acontecia no caso dos *Fatores Ambientais/Energéticos* (ver *Figura 23*), onde o cenário intermédio gerava uma situação mais positiva. Esta ocorrência pode ser explicada pelo facto de o cenário intermédio exibir modificações em variáveis constantes que pertencem a mais de um *cluster*, sendo que a variável *head* está ligada a todos os *clusters* e o efeito positivo provocado nos *Fatores Ambientais/Energéticos* pode ser atenuado pelo efeito gerado noutros *clusters*.

Posteriormente à análise *intra-cluster*, realizou-se também a análise *inter-cluster*. Este tipo de análise permite observar o impacto da variação das variáveis constantes correspondentes ao núcleo dos *clusters* nas variáveis estratégicas (*i.e.*, *Localização*,

Estratégia PME e Sustentabilidade). Estas variáveis têm bastante relevância no modelo, uma vez que, na ótica dos decisores, são os conceitos de ligação entre os *clusters* e a *Sustentabilidade PME*. Da mesma forma, os quatro *clusters* identificados pelo painel de decisores (*i.e.*, *Fatores Políticos*, *Fatores Sociais*, *Fatores Económico-Financeiros* e *Fatores Ambientais/Energéticos*) correspondem às quatro componentes que, na sua perceção, afetam a *Estratégia PME*, a *Sustentabilidade* e a *Localização*. Neste sentido, esta análise foi realizada com base em três tipos de simulação, através da mesma lógica para duas das variáveis estratégicas (*i.e.*, *Estratégia PME* e *Localização*), nomeadamente: (1) variação singular da intensidade de apenas um *cluster*; (2) variação simultânea da intensidade de dois *clusters*; (3) variação da intensidade de um *cluster* e respetiva conjugação com um dos cenários atrás desenvolvidos (*i.e.*, na análise *intra-cluster*). Por conseguinte, em primeiro lugar, foram realizadas as simulações para a variável estratégica *Estratégia PME*. Neste caso, na ótica dos decisores, a intensidade da relação entre todos os *clusters* e a *Estratégia PME* assume o valor de 1.00. Assim, a primeira simulação foi realizada tendo em conta uma variação de -0.40 na intensidade dos *Fatores Sociais*.

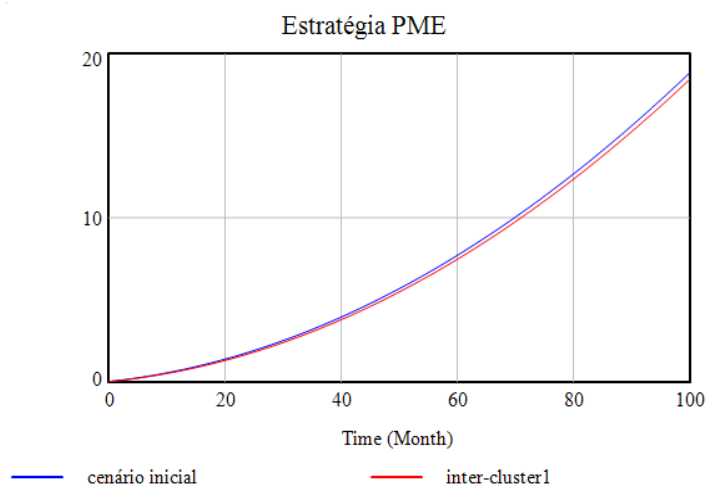


Figura 25. Impacto da variação do *cluster Fatores Sociais* na *Estratégia PME*

Conforme podemos verificar, quando se impõe uma variação de -0.40 na relação dos *Fatores Sociais* com a *Estratégia PME* (*i.e.*, *inter-cluster1*), a variável estratégica mantém uma variação positiva com a passagem do tempo, apesar de forma ligeiramente menos expressiva quando comparada com a situação inicial (*i.e.*, cenário inicial). Este efeito leva a crer que, quanto menor for a influência dos *Fatores Sociais*, menor será o valor da *Estratégia PME*.

Em segundo lugar, testou-se uma variação, também negativa, na intensidade de relação da *Estratégia PME* com os *Fatores Políticos*, neste caso de -0.70. Nesta simulação (*i.e.*, *inter-cluster2*) verificou-se exatamente a mesma tendência (*i.e.*, uma variação positiva, mas menos expressiva que a inicial, na *Estratégia PME*), como revela a *Figura 26*.

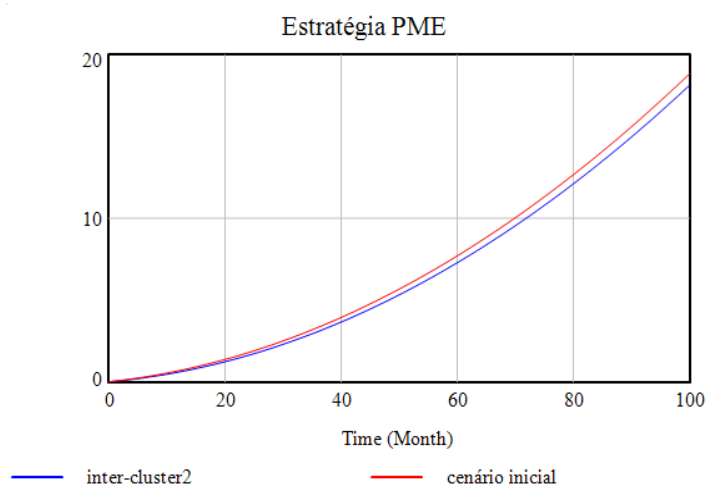


Figura 26. Impacto da Variação do Cluster Fatores Políticos na Estratégia PME

A relação direta entre as duas variáveis permite assumir que aumentos nos *Fatores Políticos* provocam aumentos na *Estratégia PME*, enquanto diminuições nos *Fatores Políticos* levam a diminuições da *Estratégia PME*.

Seguidamente às variações singulares, foram realizadas variações simultâneas na intensidade de dois *clusters*, neste caso nos *Fatores Políticos* e nos *Fatores Sociais* de -0.70 (*i.e.*, *inter-cluster3*). Verificou-se, mais uma vez, um impacto negativo na variável *Estratégia PME*. Ou seja, apesar de a relação se manter positiva e em crescimento ao longo do tempo, os valores da variável *Estratégia PME* são menos expressivos do que quando comparados com o cenário inicial (ver *Figura 27*).

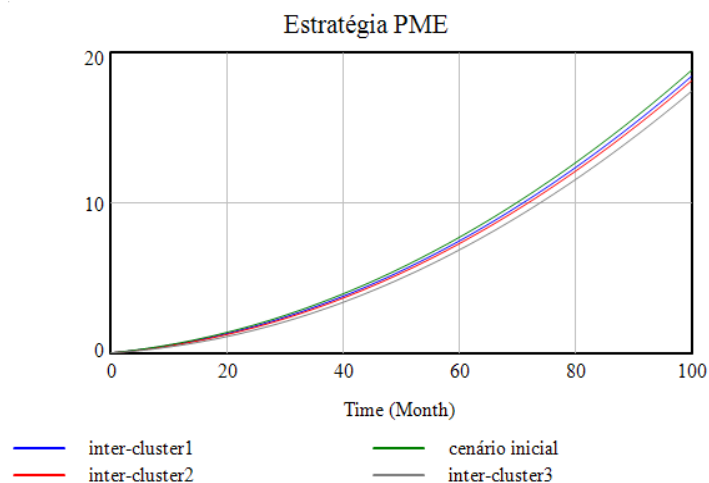


Figura 27. Impacto da Variação do *Cluster Fatores Políticos* e *Fatores Sociais*, simultaneamente, na *Estratégia PME*

A *Figura 27* ilustra ainda a comparação entre os efeitos gerados pelas variações singulares (*i.e.*, *inter-cluster1* e *inter-cluster2*) com a variação simultânea (*i.e.*, *inter-cluster3*). Neste caso, como expectável, a variação simultânea gera valores menos positivos na *Estratégia PME*. Assim, é perceptível que ambos os *clusters* apresentam uma relação direta com a variável estratégica *Estratégia PME* (*i.e.*, valores mais altos na sua intensidade provocam valores mais elevados desta variável estratégica e vice-versa).

Após analisado o comportamento das variações singulares e simultâneas das intensidades dos *clusters* na *Estratégia PME*, importa refletir sobre o seu impacto na variável *head*, mais concretamente na *Sustentabilidade PME*. A *Figura 28* ilustra a comparação entre os efeitos gerados na *Sustentabilidade PME* quando ocorre uma variação singular de -0.40 nos *Fatores Sociais* (*i.e.*, *inter-cluster1*), uma variação singular de -0.70 nos *Fatores Políticos* (*i.e.*, *inter-cluster2*) e uma variação simultânea de -0.70 em ambos (*i.e.*, *inter-cluster3*). Para além disso, demonstra o efeito causado pelo cenário inicial.

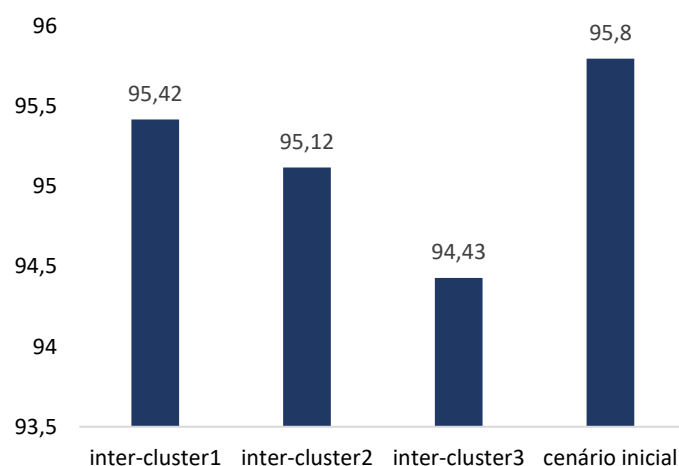


Figura 28. Impacto de Variações Singulares e Simultâneas no Conceito *Head*

Como é possível constatar, verifica-se um comportamento semelhante na *Sustentabilidade PME*. Ou seja, variações negativas na relação dos *clusters* com a *Estratégia da PME* provocam um decréscimo no valor da *Estratégia da PME*. Isto, por sua vez, leva à diminuição da *Sustentabilidade PME*. Isto deve-se à relação direta entre a *Estratégia da PME* e a *Sustentabilidade PME* (*i.e.*, aumentos no valor desta variável estratégica geram aumentos no conceito *head*, enquanto diminuições no valor desta variável estratégica geram diminuições no conceito *head*). Para além disso, verifica-se que uma variação negativa simultânea na intensidade dois *clusters*, que provoca uma diminuição mais acentuada na *Sustentabilidade PME* que uma variação singular.

Por fim, o último tipo de análise realizado para a variável estratégica *Estratégia PME* baseou-se na conjugação entre uma variação singular na intensidade de um *cluster* com a respetiva variável estratégica e um cenário anteriormente definido (*i.e.*, na análise *intra-cluster*). Visto que a mudança é uma característica inerente à realidade, um cenário deste tipo faz todo o sentido, visto que tem em conta esse mesmo fator (*i.e.*, mudança). Por conseguinte, este tipo de análise contempla, para além de alterações nas intensidades dos *clusters*, variações nas variáveis constantes que compõe os *clusters* em causa, sendo que, nestes casos, os resultados já não serão tão diretos.

Na primeira simulação deste tipo (*i.e.*, *inter-cluster4*), considerou-se uma variação de -0.40 na relação de causalidade dos *Fatores Sociais* com a variável estratégica *Estratégia PME* e, ao mesmo tempo, o cenário otimista definido anteriormente, também para os *Fatores Sociais* (*i.e.*, *intra-cluster4*). O *output* gerado encontra-se na *Figura 29*.

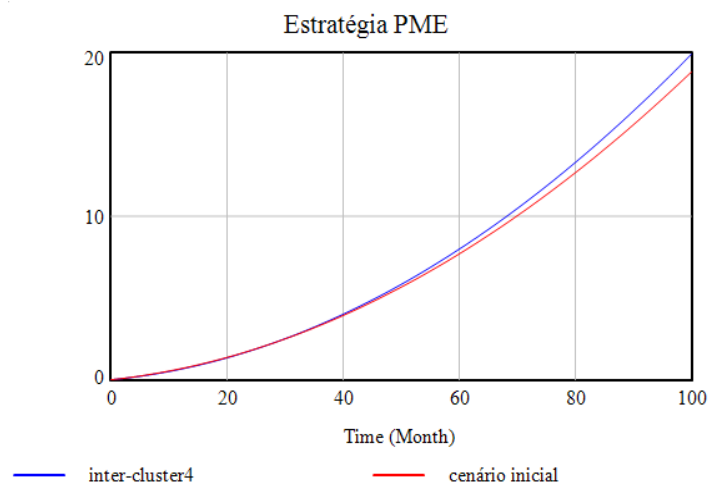


Figura 29. Impacto da Variação do Cluster Fatores Sociais e do Cenário Otimista na Estratégia PME

Como é possível constatar, apesar da diminuição da intensidade da relação dos *Fatores Sociais* com *Estratégia PME* (i.e., de 1.00 para 0.60), a variação positiva das variáveis constantes que compõe o *cluster*, contempladas no cenário otimista, leva a que este cenário provoque um aumento no valor da *Estratégia PME*.

Por forma a ser possível fazer comparações, o mesmo tipo de análise foi realizado tendo em conta uma variação de -0.40 nos *Fatores Políticos*, conjugado com o cenário otimista anteriormente definido para os *Fatores Políticos* (i.e., *intra-cluster1*). Importa referir que ambos os cenários otimistas, atrás definidos, contemplam a variação positiva de 0.20 e o mesmo número de variáveis afetadas, neste caso, onze variáveis constantes.

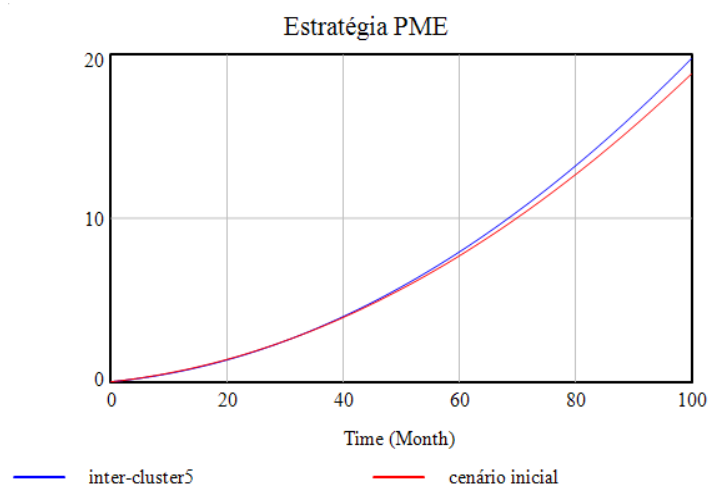


Figura 30. Impacto da Variação do Cluster Fatores Políticos e do Cenário Otimista na Estratégia PME

Como se pode constatar na *Figura 30*, o mesmo acontece com os *Fatores Políticos*. Ou seja, apesar da diminuição da relação de causalidade, o aumento provocado pelo cenário otimista, nas variáveis constantes, gera um acréscimo no valor da *Estratégia PME*, quando comparado com o provocado pelo cenário inicial. A *Figura 31* permite fazer a comparação direta entre os dois cenários (*i.e.*, *inter-cluster4* e *inter-cluster5*).

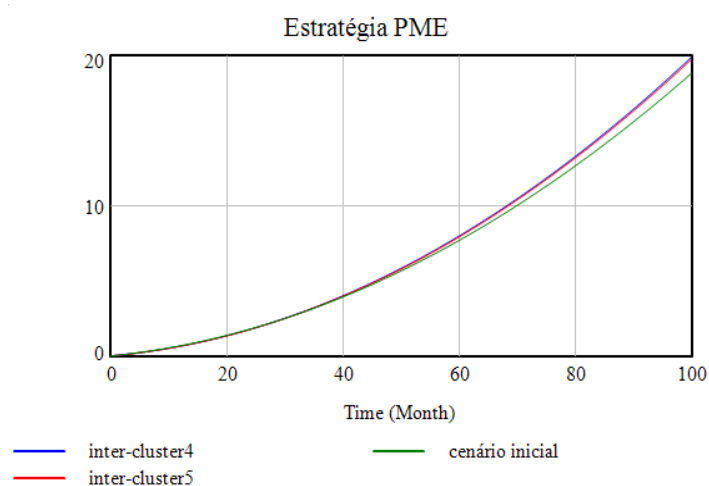


Figura 31. Comparação entre Cenários

Como é possível verificar, o comportamento é semelhante na variação de -0.40 dos *Fatores Sociais* e dos *Fatores Políticos* (*i.e.*, *inter-cluster4* e *inter-cluster5*), quando conjugados com cenários otimistas para as variáveis de constantes.

A importância deste tipo de simulações reflete o facto de que nem sempre uma diminuição da intensidade de um *cluster* está associada a uma diminuição da variável estratégica e vice-versa, pois o modelo funciona de forma holística. Para além disso, permite concluir que o cenário otimista arquitetado para os *Fatores Políticos* tem um impacto mais positivo na *Estratégia PME*, comparativamente ao cenário otimista construído para os *Fatores Sociais*.

Tendo em conta que o objetivo final do sistema é testar o impacto dos cenários na *Sustentabilidade PME*, importa entender o comportamento desta variável, quando simulados os dois cenários atrás descritos (*i.e.*, *inter-cluster4* e *inter-cluster5*). A *Figura 32* permite fazer a comparação entre o impacto destes mesmos cenários no conceito *head*.

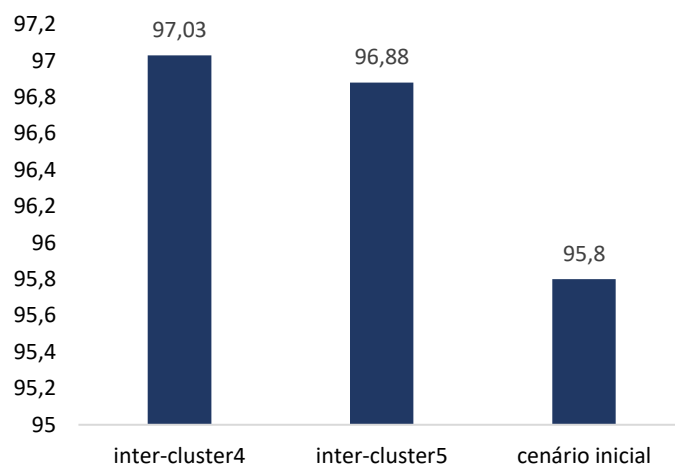


Figura 32. Impacto de Variações Negativas Conjugadas com Cenários Otimistas, no Conceito Head

Como é possível observar, a variação de -0.40 na relação entre os *Fatores Sociais* e a *Estratégia PME*, juntamente com o cenário otimista nos *Fatores Sociais*, tem um impacto mais positivo no valor da *Sustentabilidade PME* do que a mesma variação nos *Fatores Políticos*. Isto deve-se ao facto de o cenário otimista realizado para os *Fatores Sociais* provocar, por si só, um efeito positivo superior que o mesmo tipo de cenário arquitetado para os *Fatores Políticos*. Tendo em conta que ambos os cenários otimistas afetam positivamente o valor dos *clusters* a que pertencem, estes, por sua vez, reproduzem essa variação positiva nas variáveis estratégicas a que estão ligados e, indiretamente, transmitem este efeito positivo no valor do conceito *head* (i.e., *Sustentabilidade PME*).

Para além disso, à semelhança da *Estratégia PME*, foram realizadas simulações para a variável estratégica *Localização*. Neste caso, na ótica dos decisores, a intensidade da relação entre os *clusters* e a variável estratégica *Localização* assume os seguintes valores: (1) 0.50 no caso dos *Fatores Ambientais/Energéticos*; (2) 0.60 para os *Fatores Económico-Financeiros*; (3) 0.50 na relação com os *Fatores Políticos*; e (4) 0.40 no caso da intensidade de relação com os *Fatores Sociais*. Neste sentido, foram realizadas variações singulares de 0.30 e -0.40 na intensidade de relação dos *clusters Fatores Económico-financeiros* e *Fatores Ambientais/Energéticos* com a variável estratégica *Localização*, de modo a entender o seu impacto nessa mesma variável. Em primeiro lugar, assumiu-se uma variação positiva de 0.30 no *cluster Fatores Económico-Financeiros* (i.e., *inter-cluster6*) e, em seguida, uma variação negativa de -0.40 no mesmo *cluster* (i.e., *inter-cluster7*).

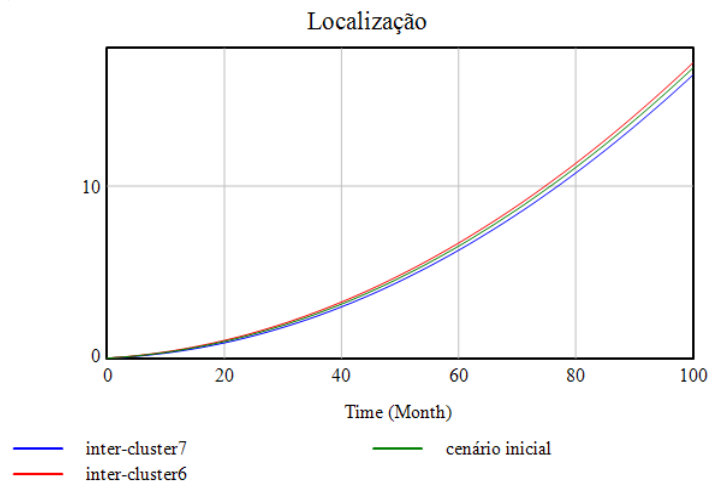


Figura 33. Impacto da Variação do Cluster Fatores Económico-Financeiros na Localização

Com efeito, a variação positiva exercida na intensidade da relação entre o *cluster* e a variável estratégica *Localização* provoca um aumento da representatividade da *Localização*. É ainda possível verificar que a variação de -0.40 nos *Fatores Económico-Financeiros* reproduz efeitos menos positivos na variável *Localização* que o cenário inicial. Assim, parece fazer sentido assumir que aumentos na intensidade do *cluster Fatores Económico-Financeiros* provocam também aumentos, ao longo do tempo, no valor da variável estratégica *Localização* e vice-versa. O mesmo racional foi aplicado aos *Fatores Ambientais/Energéticos*, pelo que se realizaram o mesmo tipo de simulações. Neste caso, os efeitos gerados na variável *Localização* foram similares, como ilustra a *Figura 34*.

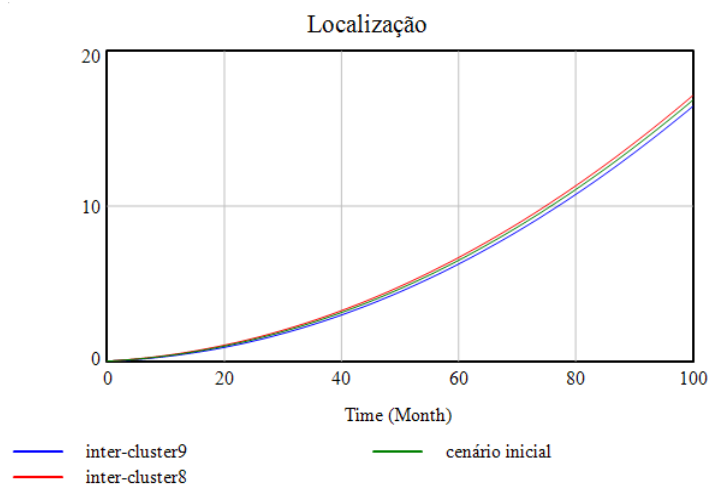


Figura 34. Impacto da Variação do Cluster Fatores Ambientais/Energéticos na Localização

O primeiro cenário foi uma variação positiva de 0.30 no valor associado à relação de causalidade do *cluster* com a variável estratégica *Localização* (i.e., *inter-cluster8*), enquanto o segundo se baseou numa variação negativa de -0.40 (*intra-cluster9*). Como é possível verificar, a variação positiva de 0.30 provoca uma amplificação na curva associada à *Localização*. Por outro lado, a variação de -0.40 gerou uma situação menos positiva que o cenário inicial. Isto pode ser explicado pela relação direta entre o *cluster* com a variável estratégica *Localização*.

Seguidamente, realizaram-se variações simultâneas nos *clusters Fatores Ambientais/Energéticos* e *Fatores Económico-Financeiros*, tanto de 0.30 como de -0.40. Os efeitos gerados por estas variações são apresentados na *Figura 35*, através da qual é possível compreender que, quando exercida uma variação simultânea positiva de 0.30 na intensidade de ambos os *clusters* (i.e., *inter-cluster10*), ocorre um impacto positivo na variável *Localização*.

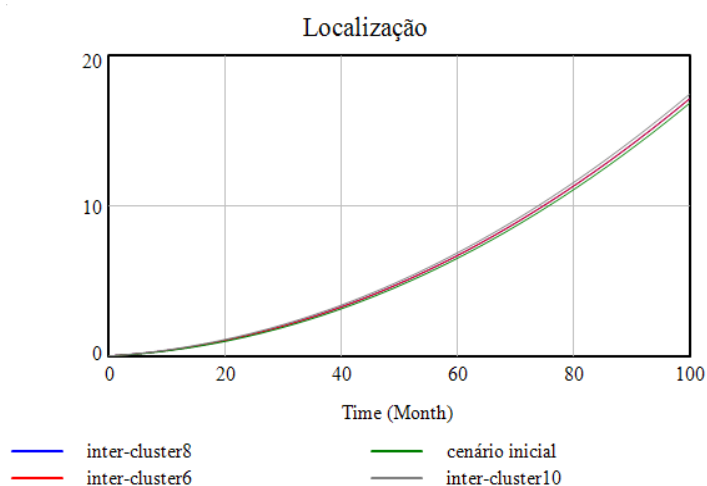


Figura 35. Impacto da Variação Simultânea dos Clusters Fatores Económico-Financeiros e Fatores Ambientais/Energéticos na Localização

A *Figura 35* ilustra ainda a comparação direta entre a variação simultânea positiva e as variações singulares também positivas de cada *cluster* – i.e., a variação singular de 0.30 no *cluster Fatores Económico-financeiros* (i.e., *inter-cluster6*) e a variação singular, no mesmo valor, dos *Fatores Ambientais/Energéticos* (i.e., *inter-cluster7*). Neste sentido, compreende-se que a variação simultânea das duas intensidades gera uma maior amplificação da curva associada à variável estratégica *Localização*, quando comparada

com as variações singulares. Isto pode ser explicado pelo facto de a variação simultânea “duplicar” o efeito gerado na variável estratégica.

Por forma a aprofundar a análise do impacto causado por estes cenários (*i.e.*, *inter-cluster6*, *inter-cluster8* e *inter-cluster10*), compararam-se os valores que cada um gera no conceito *head*. A *Figura 36* ilustra essa mesma comparação.

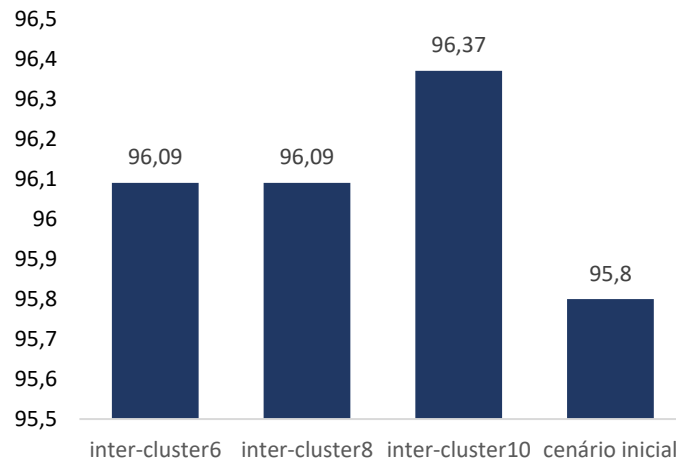


Figura 36. Impacto de Variações Singulares e Simultâneas no Conceito *Head*

Do mesmo modo, foi realizada uma simulação de variação negativa em -0.40 (*i.e.*, *inter-cluster11*) em ambos os *clusters* (*i.e.*, *Fatores Económico-Financeiros* e *Fatores Ambientais/Energéticos*), como ilustra a *Figura 37*.

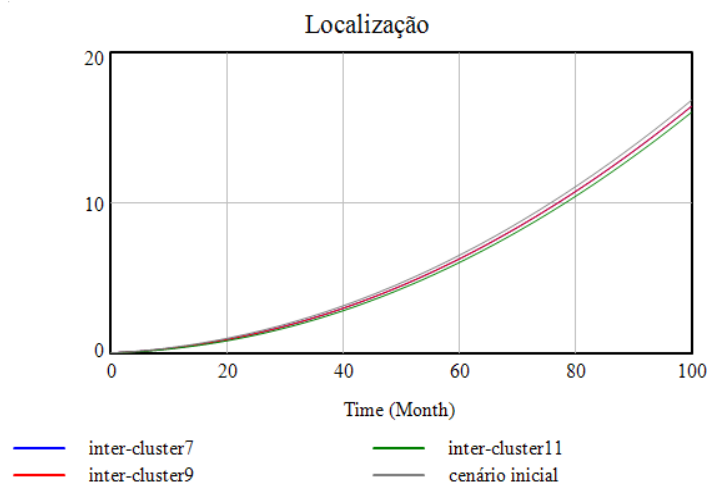


Figura 37. Impacto da variação simultânea dos *clusters Fatores Económico-Financeiros* e *Fatores Ambientais/Energéticos* na *Localização*

Como é possível verificar, a variação negativa simultânea nos dois *clusters* provoca um decréscimo no valor associado à variável estratégica *Localização*. A *Figura 37* permite ainda confrontar esta variação simultânea (-0.40) nos dois *clusters* com as variações singulares, também negativas, em apenas um *cluster* de cada vez. Mais uma vez, podemos concluir que a variação simultânea negativa provoca uma decline superior na curva associada à variável estratégica *Localização*, quando comparada com as variações singulares igualmente negativas. Isto ocorre, porque o impacto exercido por estas variações na *Localização* é “duplicado”. A *Figura 38* ilustra a comparação entre o impacto causado pelos cenários acima descritos (*i.e.*, *inter-cluster7*, *inter-cluster9* e *inter-cluster11*) no conceito *head* (*i.e.*, *Sustentabilidade PME*).

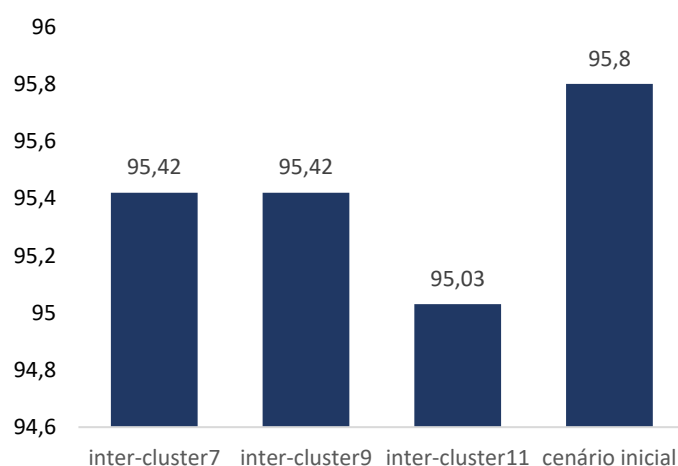


Figura 38. Impacto das Variações Singulares e Simultâneas no Conceito *Head*

Na prática, a variação simultânea de -0.40 gera um efeito positivo inferior na *Sustentabilidade PME* comparativamente ao efeito provocado pelas variações singulares dos *clusters*. Para além disso, todos os cenários, por contemplarem uma variação negativa na intensidade da relação dos *clusters* com a variável estratégica *Localização*, geram um efeito menos positivo, quando comparados com o cenário inicial.

Após a análise do comportamento da variável *Localização*, tendo em conta variações singulares e variações simultâneas dos *clusters*, tornou-se necessário recorrer a simulações que implicam mais variações, para maior aproximação à realidade. Assim, em primeiro lugar, realizou-se uma variação positiva de 0.30 na relação de causalidade dos *Fatores Ambientais/Energéticos* com a variável estratégica *Localização*, conjugada com o

cenário pessimista construído anteriormente para esse mesmo *cluster* (*i.e.*, *intra-cluster11*) (ver *Figura 39*).

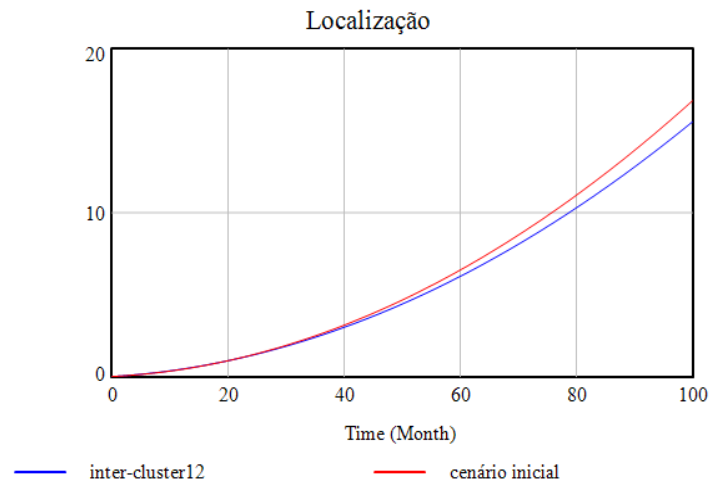


Figura 39. Impacto da Variação do Cluster Fatores Ambientais/Energéticos conjugado com o Cenário Pessimista.

A *Figura 39* demonstra que, apesar do aumento na intensidade da relação dos *Fatores Ambientais/Energéticos* com *Localização* (*i.e.*, de 0.50 para 0.80), a variação negativa das variáveis constantes que compõe o *cluster*, contempladas no cenário pessimista, leva a que este cenário (*i.e.*, *inter-cluster12*) exerça uma diminuição no valor da variável estratégica *Localização*. Para ser possível fazer comparações, foi também realizado o mesmo tipo de análise para os *Fatores Económico-Financeiros*.

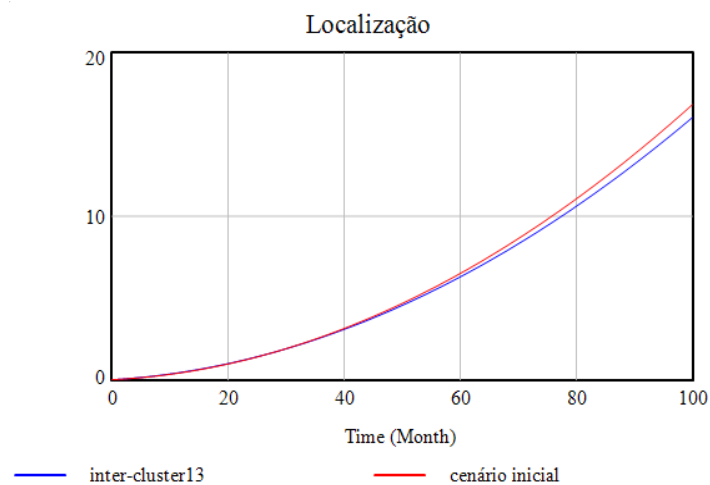


Figura 40. Impacto da Variação do Cluster Fatores Económico-Financeiros conjugado com o Cenário Pessimista.

Neste caso, foi arquitetada uma variação positiva de 0.30, conjugada com o cenário pessimista para si construído anteriormente (*i.e.*, *intra-cluster8*), como exibido na *Figura 40*. Também neste caso (*i.e.*, *inter-cluster13*), a conjugação de uma variação positiva na intensidade da relação do *cluster* com a variável estratégica *Localização*, com um cenário pessimista, impactou negativamente a variável estratégica. Assim, entende-se que o efeito provocado pelo cenário pessimista não é compensado pela variação positiva, atribuída ao valor do *cluster*. A *Figura 41* exibe a comparação entre os dois cenários (*i.e.*, *inter-cluster12* e *inter-cluster13*).

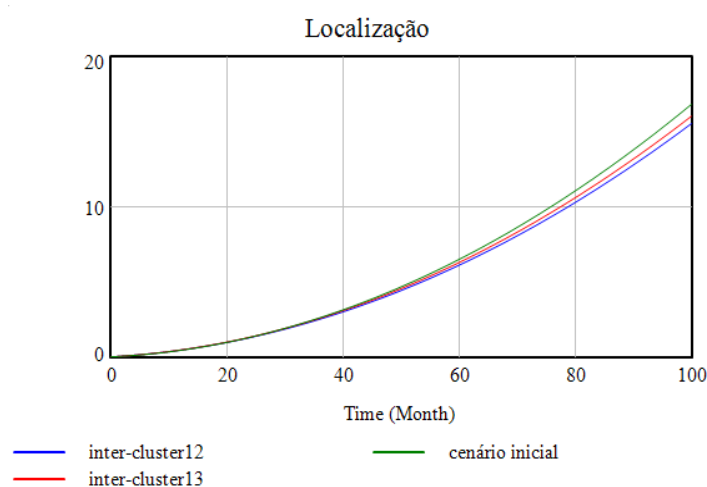


Figura 41. Comparação de Cenários

Importa realçar, neste caso, que ambos os cenários pessimistas englobam a variação negativa de -0.20 de dez variáveis, por forma a fazer comparações mais realísticas. Assim, parece evidente que, tendo por base estes cenários, os *Fatores Ambientais/Energéticos* parecem ter um efeito menos positivo que os *Fatores Económico-Financeiros* na variável estratégica. Isto poderá ser explicado pelos pesos atribuído pelos decisores na relação de cada *cluster* com a variável estratégica *Localização* (*i.e.*, 0.50 para os *Fatores Ambientais/Energéticos* e 0.60 para os *Fatores Económico-Financeiros*).

Para além dos impactos causados por estes cenários na variável estratégica, importa analisar o seu efeito no conceito *head* (*i.e.*, *Sustentabilidade PME*). A *Figura 42* ilustra a comparação do valor gerado por cada um dos cenários na *Sustentabilidade PME*.

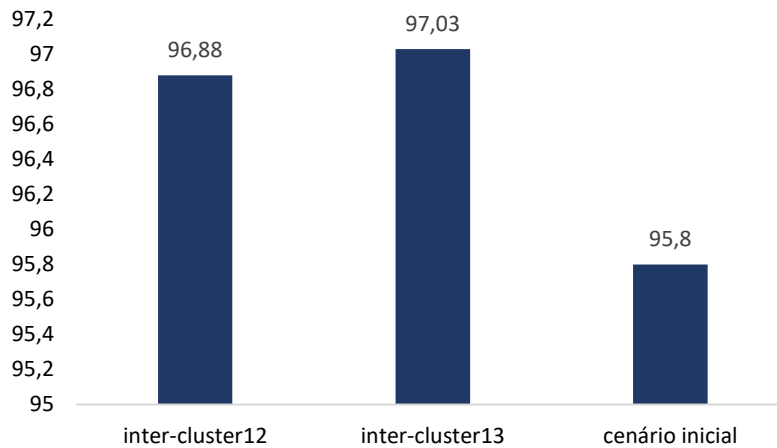


Figura 42. Impacto de uma Variação Positiva Conjugado com o Cenário Otimista, no Conceito Head

Como é possível constatar, ambos os cenários provocam um aumento do valor da *Sustentabilidade PME*. No entanto, a variação mais positiva ocorre no cenário arquitetado para os *Fatores Económico-Financeiros* (i.e., *inter-cluster13*) (1.28%). Isto pode ser justificado pelo facto de também ser este o cenário que provoca um efeito mais positivo na *Localização*, tendo em conta que os valores das variáveis estratégicas afetam, diretamente, o valor do conceito *head*.

Na segunda simulação deste tipo (i.e., *inter-cluster14*), considerou-se uma variação de -0.40 na intensidade dos *Fatores Ambientais/Energéticos* com a *Localização* e, ao mesmo tempo, o cenário intermédio definido anteriormente, também para os *Fatores Ambientais/Energéticos*. A *Figura 43* ilustra a comparação deste cenário com o cenário inicial, por forma a compreender o comportamento da variável estratégica *Localização*.

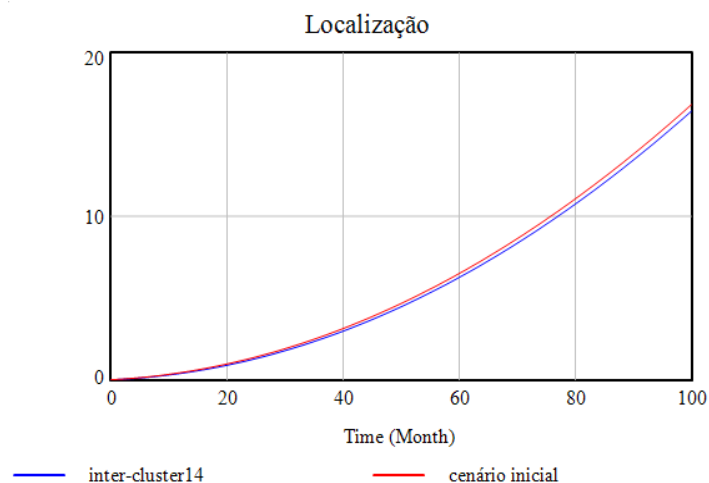


Figura 43. Impacto da Variação do Cluster Fatores Ambientais/Energéticos conjugado com o Cenário Intermédio

Como é possível verificar, este cenário gerou uma diminuição no valor da variável estratégica *Localização*. A variável assume este comportamento porque, apesar do cenário intermédio atrás definido (*i.e.*, *intra-cluster12*), por si só, provocar um efeito positivo na variável estratégica, a variação negativa na intensidade do *cluster* acaba por se refletir num impacto negativo na variável estratégica *Localização*. Por forma a ser possível fazer comparações, a *Figura 44* exhibe o impacto do mesmo tipo de cenário para os *Fatores Económico-Financeiros*.

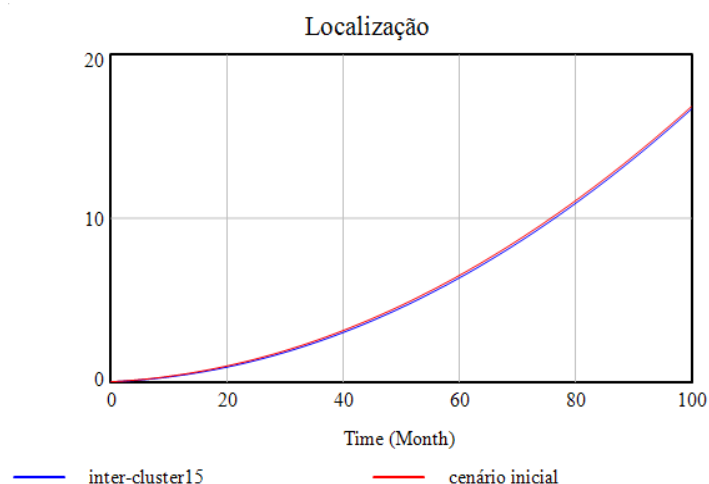


Figura 44. Impacto da Variação do Cluster Fatores Económico-Financeiros conjugado com o Cenário Intermédio

Neste sentido, definiu-se uma combinação entre o cenário intermédio anteriormente definido para este *cluster* (i.e., *intra-cluster9*) e uma variação de -0.40 na intensidade da sua relação com a variável estratégica *Localização*. Como se pode verificar, também este cenário (i.e., *inter-cluster15*) levou a um decréscimo no valor da variável estratégica *Localização*, ao longo do tempo. A *Figura 45* ilustra o confronto dos cenários anteriormente desenvolvidos (i.e., *inter-cluster14* e *inter-cluster15*).

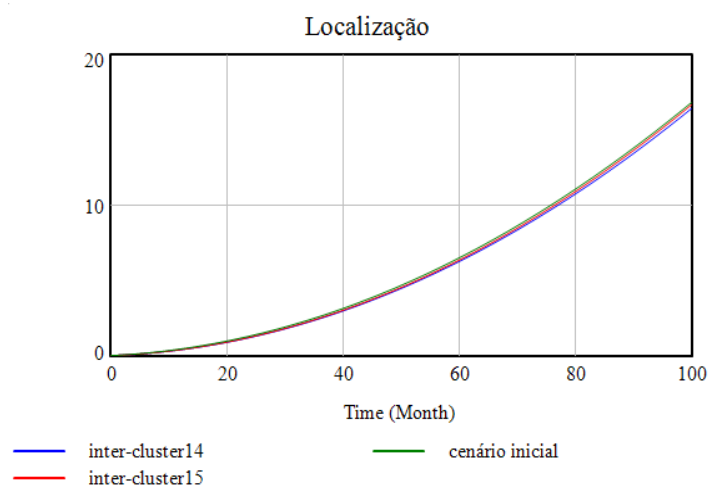


Figura 45. Comparação de Cenários

Através desta comparação, é possível constatar que, tendo em conta as variações de igual valor na intensidade de relação dos *clusters* com a *Localização*, conjugadas com cenários intermédios, os *Fatores Económico-Financeiros* parecem ter um efeito mais positivo que os *Fatores Ambientais/Energéticos* na variável estratégica *Localização*. Mais uma vez, isto pode ser justificado pelo maior peso atribuído pelos decisores aos *Fatores Económico-Financeiros*, comparativamente aos *Fatores Ambientais/Energéticos*, na variável estratégica *Localização*. No caso do impacto destes cenários na *Sustentabilidade PME*, percebe-se o mesmo efeito, como ilustra a *Figura 46*.

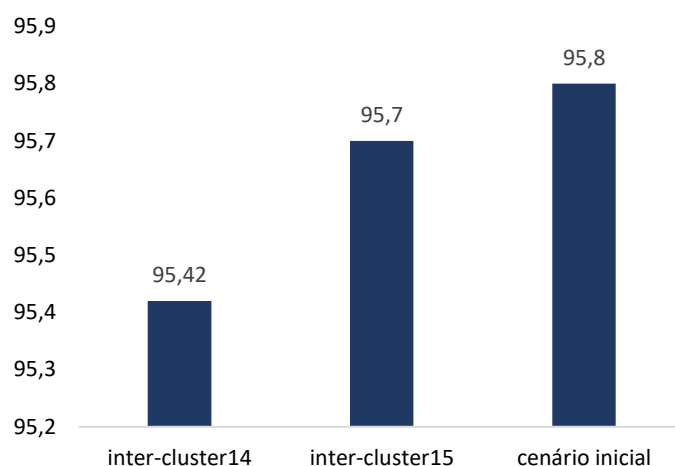


Figura 46. Impacto de uma Variação Negativa Conjugado com o Cenário Intermédio, no Conceito Head

Como podemos verificar, o efeito causado por estes cenários no conceito *head* manifesta-se da mesma forma, pois a variável *Sustentabilidade PME* está diretamente relacionada com a variável estratégica *Localização*, pelo que aumentos na *Localização* geram aumentos na *Sustentabilidade PME* (e vice-versa). O cenário arquitetado para os *Fatores Económico-financeiros* tem um impacto mais positivo na *Sustentabilidade PME* quando comparado com o cenário desenvolvido para os *Fatores Ambientais/Energéticos*. No entanto, ambos produzem um valor inferior na *Sustentabilidade PME* do que o cenário inicial.

O terceiro e último tipo de análise realizada, com recurso à simulação de cenários, foi a *multi-cluster*, mais concretamente das variáveis que têm impacto em vários *clusters*. A relevância em estudar estas variáveis está no facto de provocarem mais do que um efeito no conceito *head* (i.e., *Sustentabilidade PME*), uma vez que o seu impacto vai influenciar o comportamento de vários *clusters* que, por sua vez, vão ter múltiplos impactos no conceito *head*. Assim, em primeiro lugar, foi analisada a variável: *Prémios de Eficiência Energética* com ligação a apenas dois *clusters*. No que toca a conceitos pertencentes a três *clusters*, analisou-se a *Cultura da Empresa*. Por fim, dentro das variáveis estratégicas (i.e., conceitos com ligação a todos os *clusters*) estudou-se a *Localização*.

No sentido de observar o seu efeito na *Sustentabilidade PME*, sujeitou-se cada um destes determinantes a uma variação máxima de 0.50 de modo a respeitar o intervalo [-1; 1]. Tendo em conta que são as variáveis *flows* (ou *rate*) que regulam os níveis de *stock* (ou

levels), importa avaliar, antes de analisar o impacto destas variações no *stock* principal *Sustentabilidade PME*, o comportamento das *Alterações Energéticas* (ver *Figura 47*).

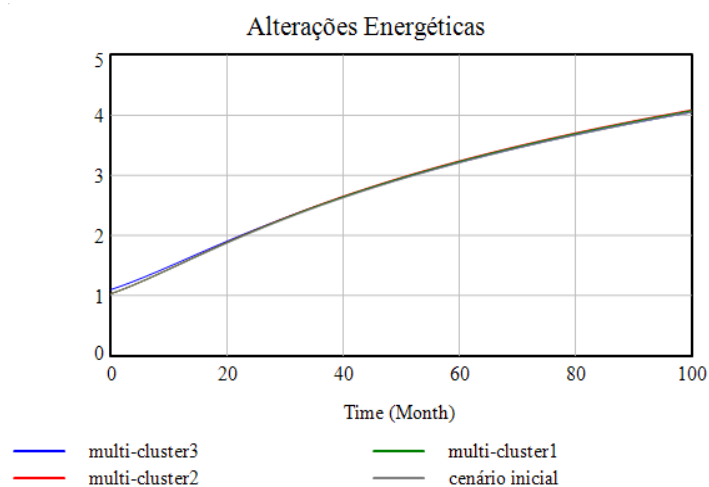


Figura 47. Impacto das Variações na Variável *Rate Alterações Energéticas*

A *Figura 47* demonstra a comparação entre as variações de 0.50 na intensidade de *Prémios de Eficiência Energética*, *Cultura da Empresa* e *Localização* e respetivo impacto no valor das *Alterações Energéticas* (i.e., *multi-cluster1*, *multi-cluster2* e *multi-cluster3*, respetivamente).

Os *Prémios de Eficiência Energética* são uma variável que integra os *clusters Fatores Políticos* (0.10) e *Fatores Ambientais/Energéticos* (0.10). A *Cultura da Empresa*, por seu turno, está associada aos *clusters Fatores Ambientais/Energéticos* (0.40), *Fatores Económico-Financeiros* (0.40) e *Fatores Sociais* (0.40). Na perceção dos decisores, este determinante corresponde à rotina da PME e funciona como diretriz para guiar o comportamento e mentalidade dos seus membros, relacionando-se com as suas práticas, hábitos, comportamentos, símbolos, valores, princípios, crenças, sistemas, etc., sejam eles de cariz ambiental, económico ou social. Por fim, a variável estratégica *Localização* está ligada a todos os *clusters* (i.e., *Fatores Ambientais/Energéticos* (0.50), *Fatores Sociais* (0.40), *Fatores Políticos* (0.50) e *Fatores Económico-Financeiros* (0.60)), apresentando, no entanto, diferentes valores de intensidade.

Como se pode observar na *Figura 47*, o impacto da variação de 0.50 representa uma variação superior na *Localização*, seguida da *Cultura da Empresa* e, por último, nos *Prémios de Eficiência Energética*. Este fenómeno ocorre porque, quanto maior o número de *clusters* a que o determinante está associado, maior o impacto causado nas *Alterações*

Energéticas e, naturalmente, na *Sustentabilidade PME* (e.g., a *Cultura da Empresa* vai afetar duplamente o conceito *Sustentabilidade PME*). Neste sentido, o comportamento destes cenários no *conceito head* vai refletir-se da mesma forma, como ilustra a *Figura 48*.

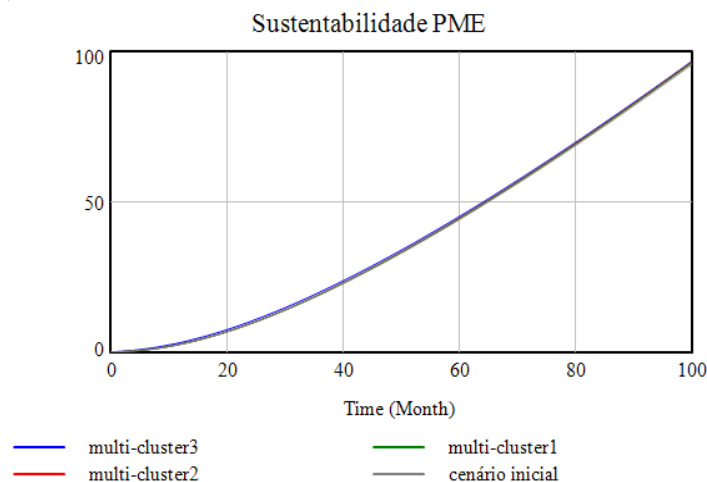


Figura 48. Impacto das Variações na Variável *Head Sustentabilidade PME*

De facto, os FCMs conjugados com a abordagem SD apoiam a tomada de decisão e permitem retirar conclusões pertinentes acerca do sistema em estudo. Com efeito, permitem estruturar o problema, identificar as variáveis mais relevantes e compreender a forma como diferentes cenários se refletem em todo o sistema. Os resultados destas análises constituem a base das recomendações apresentadas no ponto seguinte.

4.3. Validação do Modelo, Limitações e Recomendações

No sentido de consolidar o modelo desenvolvido e os resultados obtidos com o mesmo, realizou-se uma reunião de consolidação com dois membros da Direção de Serviços de Sustentabilidade Energética pertencente à Direção Geral da Energia e Geologia (DGEG). A *Figura 49* ilustra algumas fotografias do desenrolar da sessão de consolidação.



Figura 49. Instantâneos do decorrer da Sessão de Validação

Esta última sessão de validação iniciou-se com a apresentação do tema e das metodologias aplicadas, tendo sido explicada, em particular, a forma como decorreram as sessões anteriores com os decisores e quais os resultados que daí advieram.

No caso das metodologias utilizadas, os entrevistados destacaram dois pontos de vista. Por um lado, valorizaram a utilização de técnicas construtivistas, referindo que estas *“permitem chegar a conclusões mais próximas da realidade”* (nas suas próprias palavras). Por outro lado, realçaram capacidade de adaptação e abrangência do modelo a diferentes realidades, referindo mesmo que *“a incorporação do fator comportamental neste tipo de modelos tem um enorme valor acrescentado para as realidades em estudo”* (também nas suas próprias palavras). Neste caso, destacaram a capacidade do FCM e da abordagem SD em estudar a dinâmica entre as variáveis através de relações causa-e-efeito. No que toca a limitações, os entrevistados referiram o facto de o modelo depender bastante dos elementos envolvidos nas sessões (*i.e.*, decisores, facilitadores, contexto), comportando, por isso, um elevado grau de subjetividade.

Numa segunda fase da sessão de consolidação, foram analisados os resultados obtidos com o modelo. Assim, quando confrontados com o potencial de aplicação prática do modelo, referiram que seria bastante interessante aplicá-lo na prática, pois *“o modelo*

abrange um conjunto muito grande de variáveis, que fazem todo o sentido na avaliação da sustentabilidade energética das PMEs” (nas suas palavras). Para além disso, sugeriram a adaptação deste modelo a setores mais específicos (*e.g.*, indústria, distribuição), devido ao facto de diferentes setores comportarem necessidades e perceções muito diferentes no que toca à energia.

A sessão de consolidação foi determinante para o estudo em causa, pois permitiu esclarecer a visão e a opinião de especialistas na área da sustentabilidade energética e que, por não terem participado no painel de decisores, são considerados elementos imparciais em todo o processo. Assim, aquando a conclusão da sessão, tornou-se possível classificar os resultados obtidos como muito satisfatórios, apesar de o modelo desenvolvido na presente dissertação não estar isento de limitações.

O modelo desenvolvido nesta dissertação assenta numa base epistemológica construtivista, sendo fortemente dependente da discussão e da partilha de experiências entre os membros do painel. Apesar de ser esta a característica que confere ao modelo a possibilidade de integrar aspetos subjetivos no processo de tomada de decisão, também leva ao surgimento da sua principal limitação (*i.e.*, a forte dependência do contexto, da experiência e dos valores dos elementos de decisão envolvidos). Assim, importa ter em conta que, apesar do uso integrado de mapas cognitivos com a abordagem SD permitir alterações no modelo a qualquer momento, os resultados apresentados não visam, necessariamente, soluções ótimas.

Em suma, apesar das limitações associadas, o modelo apresentado nesta dissertação complementa a literatura já existente no domínio da sustentabilidade energética das PMEs, fornecendo um conjunto amplo de variáveis e respetivas dinâmicas associadas às suas relações causa-e-efeito, permitindo enriquecer, deste modo, o processo de tomada de decisão das PMEs no que respeita à adoção e concretização de ações e planos energéticos.

SINOPSE DO CAPÍTULO IV

Este último capítulo iniciou-se com a descrição pormenorizada da fase de estruturação do modelo desenvolvido nesta dissertação, através das técnicas de cartografia cognitiva. A aplicação desta metodologia decorreu em duas sessões com um painel de decisores especialistas na área da sustentabilidade energética das PME's. Pautada pela constante negociação e partilha de experiências entre os decisores, a primeira sessão permitiu chegar aos determinantes que, na sua ótica, influenciam a sustentabilidade energética das PME's, com base na "técnica dos *post-its*". Seguidamente, ainda no decorrer da primeira sessão, os decisores agruparam estes mesmos determinantes em áreas de interesse, de onde resultaram quatro *clusters*. A informação recolhida na primeira sessão de trabalho foi o ponto de partida para o desenvolvimento de um mapa cognitivo de grupo, que constituiu a base de trabalho para a segunda sessão. Neste sentido, na segunda sessão, foram quantificadas, com valores reais do intervalo [-1; 1], as relações de causalidade entre os determinantes anteriormente definidos, mais uma vez com base na experiência e valores dos decisores. Em ambas as sessões, a partilha de experiências, conhecimentos e valores, assim como a negociação entre os decisores, foram elementos-chave, tanto para a identificação dos determinantes como para a quantificação dos valores associados às respetivas relações de causalidade. Terminadas as duas sessões, ficou concluído um mapa cognitivo estratégico, através do qual foram realizadas simulações, por forma a estudar a análise dinâmica entre as variáveis em três domínios: (1) *intra-cluster*; (2) *inter-cluster*; e (3) *multi-cluster*. No primeiro caso, observou-se o efeito de variações nos determinantes internos de cada área de interesse no valor do próprio *cluster*. Ao nível da análise *inter-cluster*, simularam-se oscilações na relação de causalidade entre os *clusters* e as variáveis estratégicas por forma a analisar o seu impacto nas próprias variáveis estratégicas. Por último, as simulações *multi-cluster* referem-se a oscilações nos valores de determinantes pertencentes a vários *clusters*, analisando o seu efeito no conceito *head*. Nesta fase, percebeu-se que os determinantes tinham maior impacto no sistema quanto maior o número de *clusters* a que estivessem associados. Para além disso, em todos os tipos de simulações, foi analisado o impacto correspondente no conceito *head*. Para finalizar, foi realizada uma sessão de consolidação com dois engenheiros da DGEG, com os quais foram discutidos, por um lado, a metodologia e os resultados obtidos e, por outro lado, o potencial de aplicabilidade prática do modelo. Apesar dos resultados do modelo serem encorajadores, importa referir que não devem ser extrapolados sem as devidas precauções.

5.1. Principais Resultados e Limitações da Aplicação

A transição para uma energia renovável e sustentável é uma temática central para os cidadãos, governos, empresas e investigadores. Recentemente, a atenção sobre este tema tem recaído sobre as PME's, não só pelo seu contributo para a riqueza do país, mas também pelo facto de este tipo de empresas sentir maiores dificuldades à integração deste tipo de energia na sua atividade (Meijer *et al.*, 2019). Como tal, as suas características requerem diferentes conhecimentos e capacidades por parte dos seus gestores e, neste sentido, podemos considerar a sustentabilidade energética das PME's como um problema de decisão complexo e multidisciplinar.

No sentido de atender às particularidades deste problema, surgem novos métodos e ferramentas capazes de o estruturar e clarificar, que se denominam PSMs e que constituem um leque de soluções para facilitar a compreensão do problema em análise através da identificação de variáveis que o influenciam, inculcando-lhes um maior nível de entendimento através da análise das relações de causalidade entre conceitos. Desta forma, *a análise da sustentabilidade energética das PME's, utilizando métodos de cartografia cognitiva e a dinâmica de sistemas, permite que os decisores compreendam melhor esses mesmos determinantes e a forma como eles se interrelacionam.* Como referido inicialmente, isto constituiu o principal objetivo do estudo, bem como o principal resultado da presente dissertação.

Por forma a apresentar os principais resultados e as limitações sentidas ao longo da presente dissertação, a mesma foi dividida formalmente em cinco capítulos. O *Capítulo I* iniciou-se com um enquadramento geral do tema da sustentabilidade energética das PME's, prosseguindo com a identificação dos objetivos de investigação. Para além disso, foram apresentadas as metodologias utilizadas nesta dissertação (*i.e.*, FCM e SD), descrita a estrutura seguida no estudo e identificados os principais resultados esperados. Seguidamente, no *Capítulo II*, foi realizada a revisão da literatura no domínio da sustentabilidade energética associada às PME's, que se iniciou com a investigação dos conceitos base associados a esta temática, nomeadamente: PME, sustentabilidade e energia,

tendo sido dado por concluído com a análise de diversos estudos relacionados e com a identificação dos respectivos contributos e principais limitações metodológicas. No que toca ao *Capítulo III*, foi realizado um enquadramento metodológico, em primeiro lugar dos FCM, seguidos da abordagem SD. Por forma a introduzir os FCMs, começámos por abordar a temática da cognição humana e da sua importância para a estruturação de problemas de decisão complexos. Seguidamente, exploraram-se as vantagens, limitações e os possíveis contributos da sua aplicação para o estudo das alterações energéticas. Da mesma forma, introduziu-se a abordagem SD com a exploração dos princípios em que assenta e as respetivas vantagens, limitações e possíveis contributos para o tema em estudo. A aplicação empírica destas metodologias foi descrita no *Capítulo IV*, dando ênfase à estrutura cognitiva de grupo, que passou pela definição dos determinantes que afetam a sustentabilidade energética das PME e pelas respetivas relações de causalidade. Para além disso, no quarto capítulo, consta a aplicação do modelo, através de três tipos de simulação (*i.e.*, *intra-cluster*, *inter-cluster* e *multi-cluster*). A consolidação do mesmo permitiu identificar as suas principais vantagens e limitações. Por fim, o presente capítulo (*i.e.*, *Capítulo V*) sumariza os resultados alcançados com este estudo, apresenta as implicações práticas e teóricas do modelo e sugere perspectivas de investigação futura no domínio da sustentabilidade energética das PME.

Posto isto, torna-se importante destacar a fase de constituição do painel de decisores como a mais difícil e desafiante de todo o processo de desenvolvimento da dissertação aqui apresentada, tendo em conta a exigência envolvida na constituição do mesmo. Os obstáculos apresentados nesta fase deveram-se, por um lado, à necessidade de reunir um painel de pessoas com características específicas, com capacidade de trazer *inputs* fidedignos para a investigação (*i.e.*, gestores de PME e especialistas em energia); e, por outro lado, à dificuldade em conjugar horários e disponibilidades. Para além disso, tendo em conta que as sessões com os decisores se basearam na partilha de experiências e de conhecimentos, outra dificuldade sentida assentou na divergência de opiniões, nomeadamente na fase de quantificação das relações de causalidade entre variáveis (*i.e.*, na segunda sessão de trabalho). Ainda assim, apesar das dificuldades sentidas durante o processo de desenvolvimento do modelo apresentado na presente dissertação, os resultados obtidos foram coerentes com a investigação já existente no domínio da sustentabilidade energética das PME. No entanto, é importante sublinhar que o modelo desenvolvido depende fortemente de fatores subjetivos e contextuais e, por isso, os resultados aqui apresentados não devem ser extrapolados sem adaptações.

5.2. Implicações Práticas e Teóricas

As PMEs desempenham um papel central, tanto no contexto económico como no contexto social de um país, pelo que é importante que existam mecanismos que incentivem o seu crescimento e a sua competitividade. Atualmente, a sustentabilidade empresarial está associada à crescente preocupação com o planeta, pelo que o desenvolvimento de estratégias conducentes à integração de novas realidades energéticas se tornou um imperativo de competitividade.

A revisão da literatura realizada na primeira parte desta dissertação evidenciou que as PMEs enfrentam ainda muitos entraves no que toca à eficiência energética e à adoção de energias mais “limpas”. Como tal, esta dissertação propõe uma nova abordagem de apoio à tomada de decisão no âmbito da sustentabilidade energética, através do desenvolvimento de um mapa cognitivo e da aplicação da lógica *fuzzy* conjugada com a metodologia SD.

A utilização do mapeamento cognitivo *fuzzy* permitiu identificar, clarificar e estruturar quais os determinantes que afetam a sustentabilidade energética das PMEs e as respetivas relações causa-e-efeito, enquanto a sua conjugação com a metodologia SD facilitou a análise dinâmica entre esses mesmos determinantes, de forma coerente com a realidade atual. Após a fase de aplicação prática da metodologia, e tendo em consideração as opiniões, valores e experiências de cada um dos decisores, tornou-se evidente a polivalência, simplicidade e potencial de aplicação deste tipo de modelos no âmbito da avaliação do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade das PMEs. No entanto, o modelo desenvolvido e aplicado na presente dissertação não está isento de limitações, partindo-se assim do pressuposto que a mesma não trabalha numa lógica de substituição, mas sim de complementaridade.

Neste sentido, o referido estudo apresenta-se como uma mais-valia no processo de decisão das PMEs, dado que facilita a compreensão do impacto das alterações energéticas nas suas próprias realidades e, para além disso, constitui uma ferramenta de sensibilização para a adoção de estratégias que integrem preocupações energéticas. Desta forma, embora sempre sujeito às devidas adaptações, esta metodologia pode ser aplicada em qualquer PME que queira refletir sobre a sua sustentabilidade, tendo em conta os fatores energéticos.

5.3. Linhas de Investigação Futura

Com base no modelo desenvolvido na presente dissertação, parece evidente que a combinação das técnicas de mapeamento cognitivo com a lógica *fuzzy* e a abordagem SD facilita a compreensão e a análise da temática em estudo, proporcionando uma rápida e extensiva identificação dos elementos que impactam a sustentabilidade energética das PMEs e das respetivas relações de causalidade. No entanto, como referido anteriormente, uma das grandes limitações de aplicação do modelo resultante desta dissertação é a extrapolação de resultados, uma vez que o modelo é idiossincrático (*i.e.*, contextualizado). Neste sentido, por forma a conferir robustez ao estudo, seria aconselhável que, em futuras investigações, se fizessem alterações em alguns elementos do processo metodológico, de modo a comparar resultados, analisando a extensão das conclusões alcançadas nesta dissertação a outros contextos. Um dos elementos suscetível de ser alterado é o painel de decisores, por exemplo, abrangendo PMEs de diferentes setores de atividade ou outras entidades relacionadas com a sustentabilidade energética.

Para além disso, tal como sugerido na sessão de consolidação, uma linha para futura investigação prende-se com a conceção de modelos para setores de atividade específicos, tendo em conta que setores de atividade diferentes têm necessidades energéticas específicas. Uma vez que a realidade das alterações energéticas é uma temática global e atual, outro elemento que poderia ser alterado seria ao nível do contexto. Com efeito, seria interessante saber até que ponto as realidades são comparáveis em contextos internacionais. Na linha do modelo de avaliação complementar ao FCM desenvolvido neste estudo, é também possível desenvolver um estudo de caso, mais concretamente a aplicação deste modelo como plano de avaliação do impacto das alterações energéticas na sustentabilidade de uma PME específica. Contudo, este plano implicaria que fossem realizadas as devidas adaptações do FCM ao negócio e ao contexto da empresa, aproximando a contextualização do modelo à empresa em causa.

Concluindo, o modelo desenvolvido nesta dissertação enriquece a literatura no domínio da sustentabilidade energética das PMEs e pode ser aplicado em contexto real, fornecendo um conjunto diversificado de variáveis que podem ser geridas com a finalidade de melhorar a *performance* do negócio e os índices de sustentabilidade das PMEs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbaspour, H.; Drebenstedt, C.; Badroddin, M. & Maghaminik, A. (2018), Optimized design of drilling and blasting operations in open pit mines under technical and economic uncertainties by system dynamic modelling, *International Journal of Mining Science and Technology*, Vol. 28(6), 839-848.
- Ackoff, R. (2010), The future of operational research is past, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 30(1), 93-104.
- Aragón-Correa, J.; Hurtado-Torres, N.; Sharma, S. & García-Morales, V. (2008), Environmental strategy and performance in small firms: A resource-based perspective, *Journal of Environmental Management*, Vol. 86(1), 88-103.
- Azevedo, A. & Ferreira, F. (2017), Analyzing the dynamics behind ethical banking practices using fuzzy cognitive mapping, *Operational Research International Journal*, DOI: 10.1007/s12351-017-0333-6.
- Bana e Costa, C.; Lourenço, J.; Oliveira, M. & Bana e Costa, J. (2014), A socio-technical approach for group decision support in public strategic planning: The Pernambuco PPA case, *Group Decision and Negotiation*, Vol. 23(1), 5-29.
- Bana e Costa, C.; Stewart, T. & Vansnick, J. (1997), Multicriteria decision analysis: Some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings, *European Journal of Operational Research*, Vol. 99(1), 28-37.
- Belton, V. & Stewart, T. (2002), *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bhamra, T.; Hernandez, R.; Rapitsenyane, Y. & Trimmingham, R. (2018), Product service systems: A sustainable design strategy for SMEs in the textiles and leather sectors, *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, Vol. 4(3), 229-248.
- Biswas, I.; Raj, A. & Srivastava, S. (2018), Supply chain channel coordination with triple bottom line approach, *Transportation Research*, Vol. 115(5), 213-226.
- Borozan, D. (2018), Decomposing the changes in European final energy consumption, *Energy Strategy Reviews*, Vol. 22, 26-36.
- Brito, V.; Ferreira, F.; Pérez-Gladish, B.; Govidan, K. & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2019), Developing a green city assessment system using cognitive maps and the Choquet integral, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 218, 486-497.

- Buchner, A. (1995), *Basic Topics and Approaches to the Study of Complex Problem Solving*, Trier: University of Trier.
- Buyse, K. & Verbeke, A. (2003), Proactive environmental strategies: A stakeholder management perspective, *Strategic Management Journal*, Vol. 24(5), 453-470.
- Carayannis, E.; Ferreira, F.; Bento, P.; Ferreira J.; Jalali, M. & Fernandes, B. (2018), Developing a socio-technical evaluation index for tourist destination competitiveness using cognitive mapping and MCDA, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 131, 147-158.
- Chabrol, M. (2016), Re-examining historical energy transitions and urban systems in Europe, *Energy Research & Social Science*, Vol. 13, 194–201.
- Chaves, R.; López, D.; Macías, F.; Casares, J. & Monterroso, C. (2013), Application of system dynamics technique to simulate the fate of persistent organic pollutants in soils, *Chemosphere*, Vol. 90(9), 2428-2434.
- Christoforou, A. & Andreou, A. (2017), A framework for static and dynamic analysis of multi-layer fuzzy cognitive maps, *Neurocomputing*, Vol. 232, 133-145.
- Comissão Europeia (2015), A nova definição de PME - Guia do utilizador e modelo de declaração, disponível online em: http://publications.europa.eu/resource/ellar/79c0ce87-f4dc-11e6-8a35-01aa75ed71a1.0013.01/DOC_1 [Dezembro 2018].
- Côté, R.; Booth, A. & Louis, B. (2006), Eco-efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14(6), 542-550.
- Davidson, O. (2002), *Developing Energy Solutions for Climate Change: South African Research*, South Africa: Energy & Development Research Centre.
- Depken, D. & Zeman, C. (2018), Small business challenges and the triple bottom line, TBL: Needs assessment in a Midwest state, USA, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 135, 44-50.
- Dias, V. (2012), *Definição de (Novos) Ponderadores em Sistemas de Ranking Internos de Avaliação de Créditos Imobiliários com Recurso à Abordagem Multicritério de Apoio à Decisão*, Dissertação de Mestrado em Contabilidade e Finanças, Escola Superior de Gestão e Tecnologia, Instituto Politécnico de Santarém.

- Dinçer, H.; Yüksel, S. & Martínez, L. (2019), Balanced scorecard-based analysis about European energy investment policies: A hybrid hesitant fuzzy decision-making approach with quality function deployment, *Expert Systems With Applications*, Vol. 115, 152-171.
- Dostál, J. (2015), Theory of problem solving, *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, Vol. 174, 2798-2805.
- Drews, T.; Molenda, P.; Oechsle, O. & Steinhilper, R. (2016), Value-focused design of lean production systems based on a system dynamics approach, *Procedia CIRP*, Vol. 50, 478-483.
- Drmola, J. & Hubik, T. (2018), Kessler syndrome: System dynamics model, *Space Policy*, Vol. 44, 29-39.
- Duggan, J. (2016), *System Dynamics Modeling with R*, Switzerland: Springer International.
- Eberlein, R. & Peterson, D. (1992), Understanding models with Vensim™, *European Journal of Operational Research*, Vol. 59(1), 216-219.
- Eden, C. & Ackermann, F. (2001), SODA – The principles, in Rosenhead, J. & Mingers, J. (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, Chichester, John Wiley & Sons, 21-41.
- Eden, C. (1988), Cognitive mapping, *European Journal of Operational Research*, Vol. 36(1), 1-13.
- Eden, C. (2004), Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 159(3), 673-686.
- Eden, C.; Williams, T.; Ackermann, F. & Howick, S. (2000), The role of feedback dynamics in disruption and delay on the nature of disruption and delay (D&D) in major projects. *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 51(3), 291-300.
- Eichmann, B.; Goldhammer, F.; Greiff, S.; Pucite, L. & Naumann, J. (2019), The role of planning in complex problem solving, *Computers & Education journal*. Vol. 128, 1-12.
- Evensen, D.; Demski, C.; Becker, S. & Pidgeon, N. (2018), The relationship between justice and acceptance of energy transition costs in the UK, *Applied Energy Journal*, Vol. 222, 451-459.

- Ferreira, F & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2019), Toward a sustainable supply chain for social credit: learning by experience using single-valued neutrosophic sets and fuzzy cognitive maps, *Annals of Operations Research*, DOI: 10.1007/s10479-019-03194-2.
- Ferreira, F. (2011), *Avaliação Multicritério de Agências Bancárias: Modelos e Aplicações de Análise de Decisão*, Faro: Faculdade de Economia da Universidade do Algarve e FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia.
- Ferreira, F. (2016), Are you pleased with your neighborhood? A fuzzy cognitive mapping-based approach for measuring residential neighborhood satisfaction in urban communities, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 20(2), 130-141.
- Ferreira, F.; Jalali, M.; Zavadskas, E. & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2017), Assessing payment instrument alternatives using cognitive mapping and the Choquet integral, *Transformations in Business and Economics*, Vol. 16(2), 170-187.
- Ferreira, F.; Spahr, R.; Santos, S. & Rodrigues, P. (2012), A multiple criteria framework to evaluate bank branch potential attractiveness, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 16(3), 254-276.
- Filipe, S.; Grammatikos, T. & Michala, D. (2016), Forecasting distress in European SME portfolios, *Journal of Banking & Finance*, Vol. 64(1), 112-135.
- Fischer-Kowalski, M.; Rovenskaya, E.; Krausmann, F.; Pallua, I. & Mc Neill, J. (2018), Energy transitions and social revolutions, *Technological Forecasting & Social Change journal*, Vol. 95, 13-28.
- Fleiter, T.; Schleich, J. & Ravivanpong, P. (2012), Adoption of energy-efficiency measures in SMEs: An empirical analysis based on energy audit data from Germany, *Energy Policy*, Vol. 51, 863-875.
- Fontoura, W.; Chaves, G. & Ribeiro, G. (2019), The Brazilian urban mobility policy: The impact in São Paulo transport system using system dynamics, *Transport Policy*, Vol. 73(C), 51-61.
- Freeman, R. & Yearworth, M. (2017), Climate change and cities: Problem structuring methods and critical perspectives on low-carbon districts, *Energy Research and Social Science*, Vol. 25, 48-64.
- Gökgöz, F. & Güvercin, M. (2018), Energy security and renewable energy efficiency in EU, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 96(C), 226-239.

- Gravelsins, A.; Bazbauers, G.; Blumberga, A.; Blumberga, D.; Bolwig, S.; Klitkou, A. & Lund, P. (2018), Modelling energy production flexibility: System dynamics approach, *Energy Procedia*, Vol. 147, 503-509.
- Grillo, C.; Ferreira, F.; Marques, C. & Ferreira, J. (2018), A knowledge-based innovation assessment system for small and medium sized enterprises: Adding value with cognitive mapping and MCDA, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 22, 696-718.
- Grösser, S.; Reyes-Lecuona, A. & Granholm, G. (2017), *Dynamics of Long-Life Assets*, Switzerland: Springer Open.
- Groumpos, P. (2015), Modelling business and management systems using fuzzy cognitive maps: A critical overview, *IFAC – PapersOnLine*, Vol. 48(24), 207-212.
- Harjanne, A. & Korhonen, J. (2019), Abandoning the concept of renewable energy, *Energy Policy*, Vol. 127(C), 330-340.
- Henriques, J. & Catarino, J. (2016), Motivating towards energy efficiency in small and medium enterprises, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 139, 42-50.
- Henschel, M.; Ketter, W. & Collins, J. (2018), Renewable energy cooperatives: Facilitating the energy transition at the port of Rotterdam, *Energy Policy*, Vol. 121, 61-69.
- Ibrahim, O. & Younes, R. (2018), Progress to global strategy for management of energy systems, *Journal of Building Engineering*, Vol. 20, 303-316.
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources; United Nations Environment Programme & World Wildlife Fund. (1980), *World Conservation Strategy*, Gland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Jia, S.; Liu, X. & Yan, G. (2019), Effect of APCF policy on the haze pollution in China: A system dynamics approach, *Energy Policy*, Vol. 125, 33-44.
- Jokar, Z. & Mokhtar, A. (2018). Policy making in the cement industry for CO2 mitigation on the pathway of sustainable development - A system dynamics approach, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 201, 142-155.
- Juncker, C. (2014), *A New Start for Europe: My Agenda for Jobs, Growth, Fairness and Democratic Change*, disponível online em: <https://www.eesc.europa.eu/resources/docs/jean-claude-juncker---political-guidelines.pdf> [Janeiro 2019].

- Keeney, R. (1996), Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives, *European Journal of Operational Research*, Vol. 92(3), 537-549.
- Kim, Y.; Son, J.; Lee, Y.; Lee, M.; Hong, J. & Cho, K. (2019), Integration of an individual-oriented model into a system dynamics model: An application to a multi-species system, *Environmental Modelling & Software*, Vol. 112, 23-35.
- Kireev, V.; Smirnov, I. & Tyunyakov, V. (2018), Automatic fuzzy cognitive map building online system, *Procedia Computer Science*, Vol. 123, 228-233.
- Koelling, P. & Schwandt, M. (2005), Health systems: A dynamic system – Benefits from system dynamics, *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, 4-7 December, Blacksburg, Virginia, USA, 1321-1326.
- Kok, K. (2009), The potential of fuzzy cognitive maps for semi-quantitative scenario development, with an example for Brazil, *Global Environmental Change*, Vol. 19(1), 122-133.
- Konti, A. & Damigos, D. (2018), Exploring strengths and weaknesses of bioethanol production from bio-waste in Greece using fuzzy cognitive maps, *Energy Policy*, Vol. 112, 4-11.
- Kosko, B. (1986), Fuzzy cognitive maps, *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 24(1), 65-75.
- Koul, S.; Falebita, O.; Akinbami, J. & Akarakiri, J. (2016), System dynamics uncertainty and hydrocarbon resources modelling: A systematic review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 59(C), 199-205.
- Ladeira, M.; Ferreira, F.; Ferreira, J.; Fang, W.; Falcão, P. & Rosa, A. (2019), Exploring the determinants of digital entrepreneurship using fuzzy cognitive maps, *International Entrepreneurship and Management Journal*, DOI: 10.1007/s11365-019-00574-9.
- Lami, I. & Tavella, E. (2019), On the usefulness of soft OR models in decision making: A comparison of problem structuring methods supported and self-organized workshops, *European Journal of Operational Research*, Vol. 275(3), 1020-1036.
- Lane, C. (2008), The emergence and use of diagramming in system dynamics: a critical account. *Systems Research and Behavioral Science*, Vol. 25(1), 3-23.
- Lättilä, L.; Hilletoft, P. & Lin, B. (2010), Hybrid simulation models – When, why, how?, *Expert Systems with Applications*, Vol. 37(12), 7969-7975.

- Mackenzie, A.; Pidd, M.; Rooksby, J.; Sommerville, I.; Warren, I. & Westcombe, M. (2006), Wisdom, decision support and paradigms of decision making, *European Journal of Operational Research*, Vol. 170(1), 156-171.
- Mansilha, R.; Mansilha, D.; Collato, D.; Lacerda D.; Morandi, M. & Piran, F. (2019), Environmental externalities in broiler production: An analysis based on system dynamics, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 209, 190-199.
- Meadows, D.; Meadows, L.; Randers, J. & Behrens, W. (1972), *The Limits to Growth*, New York: Universe Books.
- Meath, C.; Linnenluecke, M. & Griffiths, A. (2016), Barriers and motivators to the adoption of energy savings measures for small and medium sized enterprises (SMEs): The case of the climate smart business cluster program, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 112, 3597–3604.
- Meijer, I.; Huijben, J.; Boxstael, A. & Romme, A. (2019), Barriers and drivers for technology commercialization by SMEs in the Dutch sustainable energy sector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 112, 114-126.
- Mingers, J. & Rosenhead, J. (2004), Problem structuring methods in action, *European Journal Operational Research*, Vol. 152(3), 530-554.
- Misthos, L.; Messaris, G.; Damigos, D. & Menegaki, M. (2017), Exploring the perceived intrusion of mining into the landscape using the fuzzy cognitive mapping approach, *Ecological Engineering*, Vol. 101, 60-74.
- Morecroft, J. (1997), *Strategic Modelling and Business Dynamics*, London: Springer.
- Morone, P.; Falcone, P. & Lopolito, A. (2019), How to promote a new and sustainable food consumption model: A fuzzy cognitive map study, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 208, 563-574.
- Muller, P.; Ramada, P.; Julius, J.; Herr, D.; Gagliardi, D.; Marzocchi, C.; Lonkeu, O. & Wenger, J. (2017), *Annual Report on European SMEs 2016/2017*, disponível online em: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0b7b64b6-ca80-11e7-8e69-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF> [Janeiro 2019].
- Mutingi, M.; Mbohwa, C. & Dube, P. (2017), System dynamics archetypes for capacity management of energy systems, *Energy Procedia*, Vol. 141, 199-205.
- Nabavia, E.; Daniell, K. & Najafi, H. (2017), Boundary matters: the potential of system dynamics to support sustainability?, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 140, 312-323.

- Nápoles, G.; Papageorgiou, E.; Bello, R. & Vanhoof, K. (2016), On the convergence of sigmoid fuzzy cognitive maps, *Information Sciences*, Vol. 349, 154-171.
- Naterer, A.; Žižek, A. & Lavrič, M. (2018), The quality of integrated urban strategies in light of the Europe 2020 strategy: The case of Slovenia, *Cities*, Vol. 72(B), 369-378.
- Odenberger, M.; Kjärstada, J. & Johnsson, F. (2013), Prospects for CCS in the EU energy roadmap to 2050, *Energy Procedia*, Vol. 37, 7573-7581.
- Ormazabal, M.; Prieto-Sandoval, V.; Puga-Leal, R. & Jaca, C. (2018), Circular economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 185, 157-167.
- Oyedepo, S. (2014), Towards achieving energy for sustainable development in Nigeria, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 34, 255-272.
- Papachristos, G. (2018), System dynamics modelling and simulation for sociotechnical transitions research, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, DOI: 10.1016/j.eist.2018.10.001.
- Papageorgiou, E.; Spyridonos, P.; Glotsos, D.; Stylios, C.; Ravazoula, P.; Nikiforidis, G. & Groumpos, P. (2008), Brain tumor characterization using the soft computing technique of fuzzy cognitive maps, *Applied Soft Computing*, Vol. 8(1), 820-828.
- Papageorgiou, E.; Stylios, C. & Groumpos, P. (2004), Active Hebbian learning algorithm to train fuzzy cognitive maps, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 37(3), 219-249.
- Paramonova, S. & Thollander, P. (2016), Energy-efficiency networks for SMEs: Learning from the Swedish experience, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 65, 295-307.
- Pinchot, G. (1910), *The Fight for Conservation*, United States: W.W. Norton.
- Pinto, L., *Nova Definição Europeia de PME ameaça Empresas Portuguesas*, disponível online em: <https://www.publico.pt/2018/01/30/economia/noticia/mudanca-europeia-do-conceito-de-pme-ameaca-milhares-de-empresas-portuguesas-1801175> [Fevereiro 2019].
- PORDATA, *Consumo de Energia Primária: Total e por Tipo de Fonte de Energia*, disponível online em: <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+prim%C3%A1ria+total+e+por+tipo+de+fonte+de+energia-1130> [Fevereiro 2019].

- Prashar, A. (2017a), Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 145, 277-293.
- Prashar, A. (2017b), Energy efficiency maturity (EEM) assessment framework for energy-intensive SMEs: Proposal and evaluation, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 166, 1187-1201.
- Puerto, E.; Aguilar, J.; López, C. & Chávez, D. (2019), Using multilayer fuzzy cognitive maps to diagnose autism spectrum disorder, *Applied Soft Computing*, Vol. 75, 58-71.
- Rashedi, R. & Hegazy T. (2015), Holistic analysis of infrastructure deterioration and rehabilitation using system dynamics, *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 22(1).
- Ribeiro, M.; Ferreira, F.; Jalali, M. & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2017), A fuzzy knowledge-based framework for risk assessment of residential real estate investments, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 23(1), 140-156.
- Rittel, W. & Webber, M. (1973), Dilemmas in a general theory of planning, *Policy Sciences*, Vol. 4(2), 155-169.
- Robinson, S. (2001), Soft with a hard centre: Discrete-event simulation in facilitation, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 52(8), 905-915.
- Rudolph, J.; Grei, S.; Strobel, A. & Preckel, F. (2018), Understanding the link between need for cognition and complex problem solving, *Contemporary Educational Psychology*, Vol. 55, 53-62.
- Salmeron, J. (2012), Fuzzy cognitive maps for artificial emotions forecasting, *Applied Soft Computing*, Vol. 12(12), 3704-3710.
- Salmeron, J.; Mansouri, T.; Reza, M. & Moghadam, S. (2018), Learning fuzzy cognitive maps with modified asexual reproduction optimisation algorithm, *Knowledge-Based System*, Vol. 163, 723-735.
- Santos, S.; Belton, V. & Howick, S. (2002), Adding value to performance measurement by using system dynamics and multicriteria analysis, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 22(11), 1246-1272.
- Shields, J. & Shelleman, J. (2015), Integration sustainability into SME strategy, *Journal of Small Business Strategy Evolution*, Vol. 25(2), 59-76.

- Silva, L. (2010), *Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020)*, disponível online em: http://www.empreender.aip.pt/irj/go/km/docs/site-manager/www_empreender_aip_pt/conteudos/pt/centrodocumentacao/Centro%20de%20Documenta%C3%A7%C3%A3o/Apresenta%C3%A7%C3%B5es%20dos%20Workshops%202010/6%C2%BA%20Workshop%20-%20Sector%20da%20Energia!/6%C2%BA%20workshop%20-%20ADENE%20-%20Lu%C3%ADs%20Silva.pdf [Março 2019].
- Smith, C. & Shaw, D. (2018), The characteristics of problem structuring methods: A literature review, *European Journal of Operational Research*, Vol. 274(2), 403-416.
- Song, J.; Zhang, M.; Zheng, F. & Chen, F. (2018), Dynamic simulation of the group behavior under fire accidents based on system dynamics, *Procedia Engineering*, Vol. 211, 635-643.
- Sponarski, C.; Vaske, J. & Bath, A. (2015), The role of cognitions and emotions in human-coyote interactions, *Human Dimensions of Wildlife*, Vol. 20(4), 238-254.
- Stadler, M.; Becker, N.; Gödker, M.; Leutner, D. & Greiff, S. (2015), Complex problem solving and intelligence: A meta-analysis, *Intelligence*, Vol. 53, 92-101.
- Stadnicka, D. & Litwin, P. (2017), Value stream and system dynamics analysis – An automotive case study, *Procedia CIRP*, Vol. 62, 363-368.
- Stephenson, J.; Barton, B.; Carrington, G.; Gnoth, D.; Lawson, R. & Thorsnes, P. (2010), Energy cultures: A framework for understanding energy behaviours, *Energy Policy*, Vol. 38, 6120-6129.
- Sterman, J. (2000), *System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Cambridge: MIT Sloan School of Management.
- Stylios, C. & Groumpos, P. (1998), The challenge of modelling supervisory systems using fuzzy cognitive maps, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 9(4), 339-345.
- Tan, Y.; Jiao, L.; Shuai, C. & Shen, L. (2018), A system dynamics model for simulating urban sustainability performance: A China case study, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 199, 1107-1115.
- Thiele, L. (2013), *Sustainability*, Oxford: Polity Press.
- Trianni, A. & Cagno, E. (2012), Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: Some empirical evidences, *Energy*, Vol. 37(1), 494-504.
- Tsadiras, A. (2008), Comparing the inference capabilities of binary, trivalent and sigmoid fuzzy cognitive maps, *Information Sciences*, Vol. 178(20), 3880-3894.

- Vidadili, N.; Suleymanov, E.; Bulut, C. & Mahmudlu, C. (2017), Transition to renewable energy and sustainable energy development in Azerbaijan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 80(C), 1153-1161.
- Vidal, R. (2004), Guest editor's introduction, *European Journal of Operational Research*, Vol. 152/3, 529.
- Wang, J.; Jing, Y.; Zhang, C. & Zhao, J. (2009), Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13(9), 2263-2278.
- White, L. (2009), Understanding problems structuring methods interventions, *European Journal of Operational Research*, Vol. 199(3), 823-833.
- Winterfeldt, D. & Fasolo, B. (2009), Structuring decision problems: A case study and reflections for practitioners, *European Journal of Operational Research*, Vol. 199(3), 857-866.
- Wisem, F.; Mey, Y.; Lauwers, L.; Passel, S.; Vancauteren, M. & Wauters, E. (2013), Cognitive mapping: A method to elucidate and present farmers' risk perception, *Agricultural Systems*, Vol. 12(C), 42-52.
- Yaman, D. & Polat, S. (2009), A fuzzy cognitive map approach for effect-based operations: An illustrative case, *Information Sciences*, Vol. 179(4), 382-403.
- Yuan, X.; Lyu, Y.; Wang, B.; Liu, Q. & Wu, Q. (2018), China's energy transition strategy at the city level: The role of renewable energy, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 205, 980-986.
- Zarghami, S., Gunawan, I. & Schultmann, F. (2018), System dynamics modelling process in water sector: a review of research literature, *System Research and Behavioral Science*, Vol. 35(6), 776-790.
- Zomorodian, M.; Lai, S., Homayounfar, M.; Ibrahim, S.; Fatemi, S. & El-Shafie, A. (2018), The state-of-the-art system dynamics application in integrated water resources modeling, *Journal of Environmental Management*, Vol. 227, 294-304.
- Zore, Ž.; Čuček, L. & Kravanja, Z. (2017), Syntheses of sustainable supply networks with a new composite criterion: Sustainability profit, *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 102, 139-155.
- Zorpas, A. (2010), Environmental management systems as sustainable tools in the way of life for the SMEs and VSMEs, *Bioresource Technology*, Vol. 101(6), 1544-1557.