



INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA

---

**Demasiado Pequeno para Brilhar? Nem por isso! Desenvolvimento de  
Medidas de Adaptação das PME's à Sociedade 5.0**

Carolina Tavares Santos

Mestrado em Gestão

Orientador:

Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, Professor Associado c/Agregação  
ISCTE Business School

Julho 2022



Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

**Demasiado Pequeno para Brilhar? Nem por isso! Desenvolvimento de  
Medidas de Adaptação das PME's à Sociedade 5.0**

Carolina Tavares Santos

Mestrado em Gestão

Orientador:

Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, Professor Associado c/Agregação  
ISCTE Business School

Julho 2022



## AGRADECIMENTOS

A entrega desta dissertação, associada à conclusão de um ciclo de estudos digno de ser lembrado, irá, sem dúvida, impactar todo o meu percurso de vida, tanto a nível profissional como pessoal. Deste modo, tratando-se de um motivo de celebração, na medida em que valida o empenho na superação das adversidades inerentes ao processo de aprendizagem, atribuo uma porção desta conquista a um conjunto de pessoas que considero que a tornaram possível.

Gostaria, primeiramente, de conceder um especial agradecimento ao orientador da presente dissertação, Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, pela sua disponibilidade, confiança, profissionalismo e credibilidade, mas também pelos valores de vida e de trabalho que reiteradamente procura transmitir aos que têm a oportunidade de se cruzar consigo (*i.e.*, o *saber-ser*). Reforço o agradecimento por me ter nomeado, inicialmente, como sua assessora de turma e, posteriormente, aceite como sua orientanda, sendo esta uma excelente oportunidade de reconhecer o seu mérito.

Inevitavelmente, não poderei deixar de elogiar o excecional compromisso, dedicação, interesse e simpatia demonstrados pelo painel de decisores e sem os quais este estudo não teria sido possível. Assim, deixo um agradecimento sincero aos seus membros: Carolina Trigo, Francisco Tenente, Frederico Carpinteiro, João Marcelo Corrêa, Jéssica Domingues, Sérgio Correia e Tiago Schreyer Bandeira. Uma palavra de gratidão é endereçada também ao Guilherme Santos, especialista da COTEC Portugal, pelo seu contributo na fase de consolidação dos resultados.

Quero agradecer também a todos os meus amigos, os quais me apoiaram e motivaram ao longo do percurso, em particular à Beatriz e Cláudia. Adicionalmente, deixo uma nota de agradecimento à Inês e à Maria Inês, que me acompanharam ao longo das sessões e partilharam algumas indicações relevantes. Na minha memória, ficarão também os extraordinários professores e funcionários que tive o privilégio de conhecer.

Em conclusão, para que possam ser os primeiros, o meu maior obrigada aos meus pais e irmã, bem como a toda a minha família, pelo suporte e confiança nas minhas decisões e capacidades. De modo particularmente especial e afetuoso, quero agradecer à minha mãe, pelo seu incomensurável, incondicional e ilimitado apoio.

A todos,  
um genuíno obrigada!



# DEMASIADO PEQUENO PARA BRILHAR? NEM POR ISSO!

## DESENVOLVIMENTO DE MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO DAS PMES À SOCIEDADE 5.0

### RESUMO

**A** Sociedade 5.0 é uma temática relevante no contexto atual. Embora estejamos ainda num processo de transição para esta sociedade superinteligente visionada pelo governo japonês, esta revela-se um efeito inevitável de acordo com as alterações nas perspetivas e ambições da sociedade contemporânea. Tratando-se de uma temática ainda com poucas contribuições no domínio académico, considera-se relevante desenvolvê-la, particularmente no contexto das pequenas e médias empresas (PMEs). A Sociedade 5.0, dotada de complexidade e subjetividade, engloba diversas vertentes (*i.e.*, variáveis), considerando-se necessário adotar uma abordagem construtivista, através da proposta de um modelo multicritério que apoie o processo de tomada de decisão. Deste modo, tendo como intuito suprimir algumas limitações identificadas em diferentes estudos relativos às diversas vertentes que a Sociedade 5.0 assume, partiu-se para uma combinação de mapeamento cognitivo com a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) em contexto neutrosófico. A combinação destas metodologias permite obter uma visão holística da temática, através da estruturação da mesma, seguida da determinação das variáveis preponderantes no sistema, as quais deverão ser priorizadas aquando da implementação de medidas de melhoria. Por conseguinte, reuniu-se um painel de especialistas na matéria, com perfis diversos, com vista à criação de um sistema de avaliação completo pela inclusão de componentes neutrosóficas na análise. Os benefícios e as contribuições práticas do modelo apresentado são também discutidas no estudo.

**Palavras-Chave:** Apoio à Tomada de Decisão Multicritério; DEMATEL; Lógica Neutrosófica; Mapeamento Cognitivo; PME; Sociedade 5.0.

**Códigos JEL:** M1, M15, O32.





# TOO SMALL TO SHINE? NOT REALLY! DEVELOPMENT OF SME ADAPTATION INITIATIVES TO SOCIETY 5.0

## ABSTRACT

Society 5.0 is a hot topic in the present socio-economic context. Although we are still in a transition process to this super-intelligent society envisioned by the Japanese government, it is an inevitable effect according to the most recent changes in the perspectives and ambitions of contemporary societies. Because the academic contributions on this topic are still scarce, further developments are required, particularly in the context of small and medium-sized enterprises (SMEs). Endowed with complexity and subjectivity, Society 5.0 encompasses several aspects (*i.e.*, variables), requiring a constructivist approach to support decision-making processes. Thus, to overcome some limitations identified in previous studies on the various aspects of Society 5.0, a combination of cognitive mapping and Decision MAKing Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) in neutrosophic context is proposed. The combination of these methodologies allows for a holistic view of the study topic, followed by the identification of the most relevant variables in the system. Therefore, a panel of experts in the field was assembled to create a complete analysis system that mirrors the decision-making situation. The benefits and practical contributions of the present model are also discussed, showing that SMEs are not too small to shine.

**Keywords:** Cognitive Mapping; DEMATEL; Multiple Criteria Decision Analysis; Neutrosophic Logic; SME; Society 5.0.

**JEL Codes:** M1, M15, O32.



## SUMÁRIO EXECUTIVO

**A**s crescentes alterações nas necessidades e exigências que a sociedade contemporânea estabelece, nomeadamente nos âmbitos social, ambiental e económico, favorece o desenvolvimento de uma sociedade que se baseia na inovação tecnológica como principal elemento contributivo para a resolução de desafios sociais, algo que origina, também, determinados constrangimentos (*e.g.*, questões éticas devidas à perceção de impossibilidade de coexistência homem-máquina). Assim, surge o conceito Sociedade 5.0 como uma sociedade que funde o mundo físico e real com o mundo cibernético e que tem como principal intuito promover a melhoria da vida das pessoas, em diversas áreas, focando-se na resolução dos desafios mencionados (*e.g.*, alterações climáticas). Não obstante o seu papel de destaque na criação de soluções tecnológicas inovadoras, as pequenas e médias empresas (PMEs) poderão não estar, contudo, suficientemente organizadas para a transição que se avizinha, tendo em conta as dificuldades particulares características das mesmas. Na revisão de literatura, foram identificadas algumas dificuldades enfrentadas pelas PMEs, nomeadamente questões de natureza financeira, legal, ética ou de recursos humanos. A complexidade e a subjetividade da temática em causa, aliada à inexistência de estudos clarificadores, em particular no contexto da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, torna-a de difícil compreensão para estas entidades. Adotando uma abordagem construtivista e orientada para o processo, a presente dissertação tem como objetivo a formulação de um modelo multicritério de auxílio à tomada de decisão, que possibilitará a determinação das variáveis fundamentais à análise da problemática. De forma a colmatar limitações identificadas em outros estudos, o modelo combina mapeamento cognitivo com a técnica DEMATEL em contexto neutrosófico, de modo a estruturar e, posteriormente, analisar a problemática, resultando num sistema completo, inteligível e que incorpora a indeterminação associada ao processo de tomada de decisão, tornando os resultados mais consistentes com a realidade. A utilização destas técnicas possibilita, ainda, a conjugação da análise qualitativa com uma análise quantitativa, tendo por base elementos objetivos e subjetivos. Para o efeito, foram realizadas duas sessões de trabalho com um painel composto por sete especialistas na matéria em análise, os quais partilharam o seu *know-how* e experiência, com vista à tomada de decisões mais conscientes e sustentadas. A primeira sessão teve como objetivo a identificação das variáveis de interesse para o estudo, as quais foram, posteriormente, agrupadas por características comuns, originando

os seguintes *clusters*: *Fatores Tecnológicos*; *Fatores Económico-Financeiros*; *Transmissão e Gestão de Conhecimento*; *Ecossistema Interno e Externo das PMEs*; *Fatores Sociais*; e *Fatores Ambientais*. Deste modo, seguiu-se a construção de um mapa cognitivo com base nestes *inputs*, que evidenciou os critérios identificados e serviu como ferramenta de estruturação do problema. Numa segunda sessão, aquando da aplicação do método DEMATEL em contexto neutrosófico, foram preenchidas matrizes de modo a evidenciar as relações de causalidade existentes entre os diferentes fatores, integrando a lógica neutrosófica na análise (*i.e.*, os graus de verdade, indeterminação e falsidade de cada julgamento). Estes valores atribuídos pelos decisores numa lógica de obtenção de consensos foram depois crispificados. Nesta segunda sessão, destacou-se um conjunto de critérios mais importantes, os quais deverão ter prioridade numa circunstância de implementação de medidas de melhoria. Por último, o modelo foi apresentado a um especialista de uma entidade independente – *i.e.*, COTEC Portugal –, numa sessão de consolidação *online*, como forma de compreensão da consistência interna e da aplicabilidade dos resultados alcançados.

## ÍNDICE GERAL

Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1. Enquadramento Geral .....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Metodologia de Investigação .....	2
1.4. Estrutura .....	3
1.5. Principais Resultados Esperados .....	4
Capítulo 2 – Revisão da Literatura .....	7
2.1. Inovação Tecnológica, PME e Sociedade 5.0: Conceitos Basilares .....	7
2.2. Adaptação das PMEs à Sociedade 5.0: Fundamentos e Tendências .....	12
2.3. Métodos de Análise: Contributos e Limitações .....	17
2.4. Limitações Metodológicas Gerais .....	20
<i>Sinopse do Capítulo 2</i> .....	22
Capítulo 3 – Enquadramento Metodológico .....	23
3.1. A Estruturação de Problemas Complexos .....	23
3.1.1. <i>Problem Structuring Methods</i> e Mapeamento Cognitivo .....	24
3.1.2. Lógica Neutrosófica .....	26
3.1.3. Contributos para a Análise da Adaptação das PMEs à Sociedade 5.0 .....	30
3.2. O Método DEMATEL .....	31
3.2.1. Enquadramento e Formulação Matemática .....	32
3.2.2. Vantagens e Limitações .....	36
3.2.3. Contributos para a Adaptação das PMEs à Sociedade 5.0 .....	39
<i>Sinopse do Capítulo 3</i> .....	40
Capítulo 4 – Aplicação e Análise de Resultados .....	41
4.1. Elaboração do Mapa Cognitivo de Grupo .....	41
4.2. Aplicação da Técnica DEMATEL em Contexto Neutrosófico .....	46
4.3. Consolidação de Resultados, Limitações e Recomendações .....	66
<i>Sinopse do Capítulo 4</i> .....	70

Capítulo 5 – Conclusões .....	71
5.1. Principais Resultados e Limitações da Aplicação .....	71
5.2. Síntese dos Principais Contributos .....	73
5.3. Perspetivas de Futura Investigação .....	74
Referências Bibliográficas .....	76
Apêndices .....	83

## ÍNDICE DE QUADROS E FIGURAS

### QUADROS

Quadro 2.1 – Metodologias de Avaliação e Análise da Adaptação das PMEs à Sociedade 5.0: Contributos e Limitações .....	19
Quadro 3.1 – Vantagens Associadas à Abordagem DEMATEL .....	37
Quadro 3.2 – Limitações Associadas à Abordagem DEMATEL .....	38
Quadro 4.1 – Identificação dos <i>Clusters</i> resultantes da Primeira Sessão .....	48
Quadro 4.2 – Matriz Inter- <i>Clusters</i> com Valores Neutrosóficos.....	48
Quadro 4.3 – Crispificação de Valores Neutrosóficos Inter- <i>Clusters</i> .....	49
Quadro 4.4 – Matriz Inicial de Influência Direta Inter- <i>Clusters</i> .....	50
Quadro 4.5 – Cálculos Intermédios .....	50
Quadro 4.6 – Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Inter- <i>Clusters</i>	50
Quadro 4.7 – Matriz T e Cálculos Intermédios Correspondentes – Inter- <i>Clusters</i> .....	51
Quadro 4.8 – Interações Inter- <i>Clusters</i> .....	52
Quadro 4.9 – Identificação dos Critérios Eligidos para Avaliação– <i>Cluster</i> 1 .....	54
Quadro 4.10 – Matriz com Valores Neutrosófico – <i>Cluster</i> 1 .....	54
Quadro 4.11 – Matriz Inicial com Valores Crispificados – <i>Cluster</i> 1 .....	55
Quadro 4.12 – Interações entre os Subcritérios – <i>Cluster</i> 1 .....	55
Quadro 4.13 – Identificação dos Critérios Eligidos para Avaliação – <i>Cluster</i> 2 .....	56
Quadro 4.14 – Matriz com Valores Neutrosóficos– <i>Cluster</i> 2 .....	57
Quadro 4.15 – Matriz Inicial com Valores Crispificados – <i>Cluster</i> 2 .....	57
Quadro 4.16 – Interações entre os Subcritérios – <i>Cluster</i> 2 .....	58
Quadro 4.17 – Identificação dos Critérios Eligidos para Avaliação – <i>Cluster</i> 3 .....	58
Quadro 4.18 – Matriz com Valores Neutrosóficos– <i>Cluster</i> 3 .....	59
Quadro 4.19 – Matriz Inicial com Valores Crispificados – <i>Cluster</i> 3 .....	59
Quadro 4.20 – Interações entre os Subcritérios – <i>Cluster</i> 3 .....	60
Quadro 4.21 – Identificação dos Critérios Eligidos para Avaliação – <i>Cluster</i> 4 .....	61
Quadro 4.22 – Matriz com Valores Neutrosóficos– <i>Cluster</i> 4 .....	61
Quadro 4.23 – Matriz Inicial com Valores Crispificados – <i>Cluster</i> 4 .....	61
Quadro 4.24 – Interações entre os Subcritérios – <i>Cluster</i> 4 .....	62
Quadro 4.25 – Identificação dos Critérios Eligidos para Avaliação – <i>Cluster</i> 5 .....	63

Quadro 4.26 – Matriz com Valores Neutrosóficos– <i>Cluster 5</i> .....	63
Quadro 4.27 – Matriz Inicial com Valores Crispificados – <i>Cluster 5</i> .....	63
Quadro 4.28 – Interações entre os Subcritérios – <i>Cluster 5</i> .....	64
Quadro 4.29 – Identificação dos Critérios Eligidos para Avaliação – <i>Cluster 6</i> .....	65
Quadro 4.30 – Matriz com Valores Neutrosóficos– <i>Cluster 6</i> .....	65
Quadro 4.31 – Matriz Inicial com Valores Crispificados – <i>Cluster 6</i> .....	65
Quadro 4.32 – Interações entre os Subcritérios – <i>Cluster 6</i> .....	66

## FIGURAS

Figura 3.1 – Exemplo de Parte de um Mapa Cognitivo .....	25
Figura 3.2 – Estrutura de um <i>Fuzzy Cognitive Map</i> Simple.....	27
Figura 3.3 – Estrutura de um <i>Neutrosophic Cognitive Map</i> .....	28
Figura 3.4 – Exemplo de Matriz Neutrosófica Adjacente .....	29
Figura 3.5 – Modelo Representativo das Fases do Método DEMATEL.....	33
Figura 3.6 – Estrutura de um Diagrama de Causa-efeito.....	36
Figura 4.1 – Fase de Estruturação - Primeira Sessão de Trabalho em Grupo.....	44
Figura 4.2 – Mapa Cognitivo de Grupo .....	45
Figura 4.3 – Fase de Avaliação - Segunda Sessão de Trabalho em Grupo.....	47
Figura 4.5 – Mapa de Influência Inter- <i>Clusters</i> .....	53
Figura 4.6 – Mapa de Influência– <i>Cluster 1</i> .....	56
Figura 4.7 – Mapa de Influência– <i>Cluster 2</i> .....	58
Figura 4.8 – Mapa de Influência– <i>Cluster 3</i> .....	60
Figura 4.9 – Mapa de Influência– <i>Cluster 4</i> .....	62
Figura 4.10 – Mapa de Influência– <i>Cluster 5</i> .....	64
Figura 4.11 – Mapa de Influência– <i>Cluster 6</i> .....	66
Figura 4.12 – Sessão de Consolidação do Estudo .....	68



## GLOSSÁRIO DE SIGLAS

DC	– <i>Decision Conferencing</i>
DEMATEL	– <i>DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory</i>
FCM	– <i>Fuzzy Cognitive Map</i>
IRM	– <i>Impact-Relations Map</i>
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
NCM	– <i>Neutrosophic Cognitive Map</i>
PMEs	– Pequenas e Médias Empresas
PSM	– <i>Problem Structuring Method</i>
SC	– Subcritérios



### 1.1. Enquadramento Geral

**A**s necessidades e as aspirações das sociedades atuais têm revelado crescentes alterações numa conjuntura global, destacando-se com maior ênfase a valorização do bem-estar e a procura por soluções aos maiores desafios que a humanidade enfrenta. Neste contexto, surge o conceito Sociedade 5.0, o qual ilustra esta realidade e salienta a relevância da inovação tecnológica para a concretização de soluções viáveis para estes problemas. A Sociedade 5.0 é uma temática recente e, portanto, possui ainda um leque reduzido de contributos ao nível da investigação académica. A Sociedade 5.0 promove, também, a conciliação do mundo real com o mundo virtual, com vista ao alcance de um sistema conectado e de uma relação de harmonia do ser humano com a tecnologia (Council for Science, Technology and Innovation (STI), 2015). A dificuldade de análise da temática Sociedade 5.0, particularmente no contexto das pequenas e médias empresas (PMEs), prende-se com a complexidade e com a subjetividade inerentes à abrangência da mesma. Deste modo, parece importante realizar uma análise que proporcione um melhor entendimento da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, na medida em que os estudos anteriores, que estudam separadamente as diversas vertentes que compõem a Sociedade 5.0, não definem com clareza os critérios que influenciam a temática, nem tão pouco as relações causais existentes entre os mesmos. Neste seguimento, a dissertação tem como principal objetivo a criação de um modelo multicritério completo e inteligível, que suporte a tomada de decisão no âmbito da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0 e identifique, com clareza, quais os fatores que influenciam esta adaptação e quais as suas relações de causa-efeito.

### 1.2. Objetivos

Os objetivos da presente dissertação foram definidos tendo por base o enquadramento geral da temática e, portanto, a compreensão de que se trata de uma questão complexa e

subjetiva, a qual só poderá ser analisada de acordo com uma metodologia adaptada a esta circunstância. Deste modo, considera-se que é necessária a utilização de metodologias multicritério que, quando combinadas, propiciem um melhor entendimento da temática em causa e mitiguem lacunas identificadas em estudos anteriores. Como tal, o intuito principal desta dissertação é a ***elaboração de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão que possibilite a análise da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, através de uma abordagem construtivista***. As abordagens que se considera serem as mais adequadas ao estudo são o mapeamento cognitivo e a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) em ambiente neutrosófico.

Um benefício desta conjugação de metodologias é a facilidade de compreensão do problema, assim como a identificação dos critérios preponderantes à tomada de decisão no contexto da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, uma vez que irá facilitar a aplicação prática do modelo, na medida em que a hierarquização dos fatores por grau de importância permitirá a priorização do desenvolvimento de iniciativas de melhoria relacionadas com os critérios que se destacam. Assim, foram definidos outros objetivos que contribuem para a viabilização do objetivo principal, nomeadamente: (1) enquadramento da temática, para que seja possível evidenciar os principais critérios e teorias adjacentes; (2) seleção de um painel de especialistas; (3) realização de sessões de trabalho em grupo com o painel selecionado, atuando como meio de intermediação de modo a obter os dados para o mapeamento cognitivo e para a aplicação do método DEMATEL; (4) aplicação DEMATEL; (5) crispificação dos valores correspondentes às componentes neutrosóficas; e (6) reunir com um elemento de uma entidade independente, como forma de consolidar o modelo e compreender o seu real impacto prático.

### **1.3. Metodologia de Investigação**

A dissertação a desenvolver tem como principal finalidade elaborar um modelo de apoio à tomada de decisão aplicável às PMEs no contexto da adaptação das mesmas à Sociedade 5.0. A abordagem metodológica que se pretende seguir ao longo da dissertação, é fundada em princípios construtivistas que integram elementos objetivos e subjetivos no processo de tomada de decisão e que, desta forma, permitem que as avaliações sejam mais conscientes e fundamentadas.

A estruturação do problema basear-se-á no mapeamento cognitivo, enquanto a análise quantitativa das relações de causalidade será realizada com recurso ao método DEMATEL. Deste modo, será utilizada uma metodologia multicritério mista, qualitativa através do mapeamento cognitivo e quantitativa através do método DEMATEL (técnica que aborda quantitativamente medidas subjetivas). A combinação destas abordagens irá contribuir para a identificação de um maior número de critérios e para a perceção de quais são os preponderantes na análise. Assim, em primeiro lugar, serão realizadas duas sessões de trabalho em grupo com um painel de especialistas com conhecimento e experiência na área da inovação tecnológica e na gestão de PMEs, recorrendo à *Decision Conferencing* como método de estruturação do problema para identificar os critérios/fatores determinantes de adaptação das PME à Sociedade 5.0. A possibilidade de comunicação aberta entre os elementos do grupo deverá proporcionar uma melhor qualidade de decisão e facilitar a estruturação do problema em análise. Consequentemente, será construído um mapa cognitivo de grupo com base nos critérios identificados e realizada a crispificação dos resultados de modo a facilitar a aplicação do método DEMATEL. Uma vantagem do método DEMATEL é que considera a interdependência entre os conceitos, considerando o sistema como um todo, em vez de considerar as suas partes separadamente. Através desta abordagem, analisar-se-ão as inter-relações entre os elementos definidos pelos decisores e os mesmos serão organizados consoante a sua ordem de importância. Finalmente, irá obter-se um diagrama DEMATEL. Ou seja, uma representação gráfica que poderá servir como ferramenta base para que os decisores entendam quais os critérios mais relevantes na determinação da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0.

#### **1.4. Estrutura**

O presente estudo encontra-se estruturado em cinco capítulos, incluindo a presente introdução e o capítulo referente às conclusões. De forma adicional, aparece também, no final, a bibliografia e os apêndices.

No *Capítulo 1* (i.e., Introdução) é feita uma contextualização geral da temática da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0. Os objetivos gerais da dissertação são apresentados, tal como a metodologia utilizada e os principais resultados esperados. No *Capítulo 2* (i.e., Revisão da Literatura), faz-se um enquadramento teórico e são evidenciados outros modelos de avaliação, reveladas as suas contribuições e apontadas algumas limitações. O

*Capítulo 3* (i.e., Metodologias e Fontes) desenvolve as metodologias. É explicado o processo de crispificação dos valores neutrosóficos e, numa segunda fase, é apresentada a técnica DEMATEL e evidenciadas as suas vantagens e desvantagens. O *Capítulo 4* (i.e., Aplicação e Análise de Resultados) demonstra a vertente empírica da dissertação, descrevendo a forma como decorreram as sessões de trabalho. Assim, tendo em conta os dados das sessões, foi realizada a crispificação dos valores neutrosóficos, os quais foram integrados na técnica DEMATEL, de modo a possibilitar uma análise dos critérios mais preponderantes na adaptação das PME's à Sociedade 5.0. Por último, foi realizada uma sessão de consolidação com uma entidade independente, que evidenciou os principais contributos do modelo, mas também algumas limitações. Relativamente ao *Capítulo 5* (i.e., Conclusões), o mesmo explica os principais contributos da dissertação, assim como as suas limitações, propondo sugestões para eventuais estudos futuros.

### **1.5. Principais Resultados Esperados**

A dissertação tem como principal intuito a conceção de um sistema de suporte à tomada de decisão no contexto da adaptação das PME's à Sociedade 5.0. Este modelo combina metodologias *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), baseando-se numa lógica construtivista. Deste modo, será possível obter uma visão holística da temática, através da estruturação da mesma com recurso ao mapeamento cognitivo. Será também possível identificar as determinantes na análise da adaptação das PME's à Sociedade 5.0, assim como destacar os critérios mais preponderantes no sistema, os quais deverão ser priorizados em circunstâncias de implementação de medidas de apoio às PME's. Adicionalmente, espera-se que este modelo permita analisar componentes objetivas e subjetivas (i.e., variáveis de natureza qualitativa e quantitativa). O sistema deverá ser claro, consistente e inteligível, facilitando a análise por parte de qualquer *stakeholder* interessado.

Uma outra expectativa relativamente ao estudo prende-se com a incorporação da lógica neutrosófica na abordagem DEMATEL, a qual, através da atribuição de valores neutrosóficos a cada julgamento (i.e., valores de verdade, incerteza e falsidade), aquando das sessões de análise e discussão entre os decisores especialistas, reflita decisões mais adequadas à realidade. Neste sentido, espera-se que a aplicação destas metodologias contribua para a colmatação das limitações identificadas em estudos relacionados.

Tratando-se de uma temática abrangente e envolvendo empresas que, num contexto geral, possuem alguns constrangimentos a nível de recursos, pretende-se que este modelo seja analisado por diferentes *stakeholders*, de modo que se consiga compreender quais os que conseguem impactar diretamente as PME's de acordo com a implementação de medidas de apoio. Por fim, de modo a validar o estudo, pretendemos realizar uma sessão de consolidação com um especialista pertencente a uma entidade independente, que possa contribuir para o entendimento das implicações práticas do estudo. É também resultado esperado a publicação dos resultados alcançados numa revista com impacto internacional.





## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, de modo a conceder uma perspectiva geral da temática em estudo, começaremos por abordar alguns conceitos-base relevantes no âmbito da *inovação tecnológica*, das *pequenas e médias empresas* (PMEs) e da *Sociedade 5.0*, procurando também explicar de forma sucinta a relação entre estes conceitos. No decurso do capítulo, identificar-se-ão alguns motivos que justificam a importância da utilização da inovação tecnológica como meio de as PMEs se adaptarem da melhor forma possível à Sociedade 5.0. Adicionalmente, serão ainda mencionadas algumas contribuições e limitações de estudos anteriores relativamente à temática em discussão, assim como efetuado um levantamento de algumas das limitações metodológicas gerais, com o propósito de alicerçar a necessidade da construção do sistema de análise que se apresenta no final da presente dissertação.

#### 2.1. Inovação Tecnológica, PME e Sociedade 5.0

As empresas organizam as suas formas de inovação com base nas suas especificidades de contexto. Assim, algumas tendem a inovar através da aplicação de *drivers* do tipo científico e analítico, enquanto outras tendem a inovar por meio da aplicação de *drivers* baseados na prática e na interação (Hervas-Oliver, Parrilli, & Sempere-Ripoll, 2021). Deste modo, Jensen, Johnson, Lorenz e Lundvall (2007) distinguem as formas de conhecimento e de aprendizagem (da inovação) em duas categorias principais: (1) *Science, Technology and Innovation* (STI) *drivers*; e (2) *Doing, Using and Interacting* (DUI) *drivers* (cf. Hervas-Oliver *et al.*, 2021). O termo STI – no qual nos iremos focar no seguimento desta dissertação – corresponde ao modo de inovação baseado em ciência e tecnologia e refere-se, essencialmente, ao processo de *Research and Development* (R&D) e à colaboração com universidades e centros de investigação. Por outro lado, o termo DUI corresponde aos motores internos e de colaboração associados ao aprender através da execução, utilização e interação, aludindo, por exemplo, à compra de novas máquinas e

equipamentos ou à colaboração com atores ao longo da cadeia de valor (*e.g.*, fornecedores, clientes e prestadores de serviços).

De acordo com a literatura, o termo *inovação* traduz a implementação prática de uma ideia num novo dispositivo ou processo (Schilling, 2017). Deste modo, Dodgson, Gann e Salter (2009) referem que a inovação é mais do que uma mera invenção – *i.e.*, corresponde à criação de uma nova ideia e à sua redução à prática – incluindo todas as atividades requeridas na introdução comercial de um novo (ou melhorado) produto ou serviço, nomeadamente as atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e de negócio (*cf.* Dodgson *et al.*, 2009). A *inovação* pode partir de diversas fontes, nomeadamente de indivíduos, sejam estes o tradicional inventor ou mesmo utilizadores que criam soluções para as suas próprias necessidades. De igual modo, pode também surgir dos esforços de investigação das universidades, laboratórios governamentais e/ou incubadoras, bem como de empresas públicas e privadas e de organizações privadas sem fins lucrativos. Schilling (2017) salienta ainda que as empresas são o motor primário da inovação, destacando-se dos restantes agentes pelo facto de possuírem um conjunto de vantagens (*e.g.*, melhores recursos, um sistema de gestão para combinar esses recursos em prol de um propósito coletivo e fortes incentivos para o desenvolvimento de novos produtos e serviços diferenciadores). Assim, as fontes de inovação funcionam como um sistema e é das interligações existentes entre as mesmas que surgem os progressos tecnológicos mais significativos.

A importância da inovação prende-se com o facto de a sobrevivência das empresas depender impreterivelmente da forma como se adaptam e se desenvolvem. A título de exemplo, o risco de os competidores criarem um produto que modifique a base de competição é elevado e iminente. Deste modo, as empresas consideradas mais inovadoras são aquelas que verificam um crescimento mais significativo e com maior retorno para os seus *shareholders* (Dodgson *et al.*, 2009). Adicionalmente, a eco inovação é exemplo de um conceito que surgiu da necessidade de adaptação das empresas às preocupações sociais e ambientais, que lhes permite criar vantagem competitiva sustentável (Han & Chen, 2021).

A teoria clássica da inovação afirma que a inovação é composta essencialmente de inovação tecnológica, contendo dois modos de inovação diferentes, denominados de *inovação de produto* e *inovação de processo* (Hervas-Oliver, Sempere-Ripoll, & Boronat-Moll, 2021; Zhangqi, Zhuli, & Lingyun, 2021). As inovações de produto materializam-se nos *outputs* de uma organização (*i.e.*, os seus produtos ou serviços),

subdividindo-se em três tipologias, nomeadamente: (1) inovação autodependente; (2) aquisição de inovação; e (3) inovação imitativa (Wang & Chen, 2020). Em contrapartida, as inovações de processo estão relacionadas com a forma como uma organização conduz o seu negócio, como são exemplo as técnicas de produção e de comercialização dos produtos ou serviços (Schilling, 2017). Adicionalmente, são salientadas outras tipologias de inovação, distinguindo a *inovação radical* da *inovação incremental*, as *inovações potenciadoras de competência* das *inovações destruidoras de competência* e a *inovação de componente* da *inovação arquitetónica*. A dimensão que compreende a inovação radical e a inovação incremental é segmentada mediante o grau através do qual uma inovação representa uma retirada das práticas existentes, manifestando-se, assim, numa solução substancialmente diferente das anteriores ou traduzindo-se num ajustamento ou mudança relativamente menor. As inovações podem também ser classificadas como potenciadoras de competência – *i.e.*, se se constroem tendo como sustento a base de conhecimento e competências existentes na empresa – ou destruidoras de competência, em que a tecnologia não é construída sob as competências da empresa ou torna essas mesmas competências obsoletas. Por fim, a inovação pode ser intitulada de inovação de componente (*i.e.*, inovação modular) se abranger mudanças num ou mais componentes, não afetando significativamente a configuração geral do sistema. Em oposição, a inovação arquitetónica abrange mudanças no *design* geral de um sistema ou na forma como as componentes interagem entre si.

As características de personalidade das empresas em diferentes setores podem originar uma variação nos comportamentos de inovação tecnológica. As empresas denominadas “*agressivas*” alocam os seus investimentos em inovação tecnológica de forma autónoma e assumem altos níveis de incerteza e risco, tratando-se das principais responsáveis pela inovação tecnológica propriamente dita. Por conseguinte, a sua inovação acaba por se tornar numa fonte de compra e de imitação de tecnologia por parte de outras empresas. Por outro lado, as empresas consideradas “*passivas*” alocam os seus investimentos em inovação tecnológica de forma autónoma entre a inovação de processo e a compra de inovação (*i.e.*, têm habitualmente preferência pela alocação dos seus recursos na aquisição de novas técnicas). Por fim, as empresas que adotam uma posição intermédia tendem a adotar uma abordagem relativamente ténue relativamente à inovação tecnológica, focando-se essencialmente na inovação de processo e na *inovação imitativa*. Sucintamente, a primeira tipologia de empresa mencionada anteriormente desenvolve a

tecnologia, enquanto as restantes optam pela aquisição ou imitação dessa mesma tecnologia, não inovando de forma independente (Zhangqi *et al.*, 2021).

Similarmente ao termo *inovação*, considera-se relevante abordar de forma sistemática o conceito de *tecnologia*. Segundo Dodgson *et al.* (2009, p. 2), a *tecnologia* é definida como “*a replicable artefact with practical application, and the knowledge that enables it to be developed and used*”. Por conseguinte, a tecnologia é manifestada em novos produtos, processos e sistemas, incluindo o conhecimento e as capacidades necessárias para entregar funcionalidade que seja reproduzível.

Abordados os conceitos de inovação e de tecnologia, considera-se pertinente a introdução da temática da *inovação tecnológica*. Segundo Reis, Ferreira e Monteiro Barata (2013), a inovação tecnológica é essencial para alcançar vantagem competitiva, na medida em que não só permite redução de custos, como também abre um conjunto de novas oportunidades que permitem aos negócios um melhor desempenho de formas diferenciadas. Como consequência, a inovação é também considerada o principal acelerador do crescimento das economias, sendo possível que esse crescimento se verifique independentemente do contexto macroeconómico (Trott, 2012).

A inovação tecnológica envolve mais do que a aplicação bem-sucedida de novas ideias a produtos e serviços, requerendo regularmente mudanças na organização e nas estratégias que a suportam. A mesma envolve a abordagem de uma ampla gama de questões e de atividades que agravam os desafios de geri-la, adicionam risco e incerteza e tornam difícil desenvolver receitas genéricas para o seu sucesso. A fonte de vantagem competitiva está exatamente nessa dificuldade de gerir a inovação tecnológica. Num ambiente de negócios em que a inovação fornece vantagens competitivas sustentáveis e distintivas, a estratégia de inovação é a base da estratégia global da empresa. A estratégia de inovação envolve a análise de negócio das empresas, do mercado e da envolvente tecnológica, assim como a identificação de quais os recursos com os quais terão de trabalhar. Isto envolve fazer escolhas sobre inovação em circunstâncias ambíguas, através de diversas estratégias para diferentes níveis de incerteza. Implica também que seja necessário construir as capacidades inovadoras de que as empresas precisam para combinar habilidades e recursos, no sentido de analisar, selecionar e entregar inovação, a fim de potencializar o desempenho organizacional (Dodgson *et al.*, 2009).

A inovação tecnológica raramente decorre das atividades de uma única empresa, sendo habitualmente resultado do trabalho conjunto de diversas organizações, através de variadas formas de comunidades, *networks* e colaborações tecnológicas formais. A gestão

estratégica da inovação tecnológica está intimamente ligada à capacidade de a empresa criar valor (Barney, 1991; Porter, 1986). Assim a estratégia de inovação é importante porque a criação e apropriação de retorno proveniente das inovações é uma fonte-chave de vantagem competitiva para uma empresa.

Retratada a temática da inovação tecnológica, propomos uma breve introdução ao tópico das PME's. De acordo com a Comissão Europeia (2003, p. 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”*. A entidade admite também que as microempresas e as PME's são o motor da economia europeia, pois dinamizam a criação de emprego e o crescimento económico, assegurando, ao mesmo tempo, a estabilidade social. Neste sentido, alguns dados relevantes disponibilizados pela Comissão Europeia (2019) são os seguintes: (1) 99.8% das empresas da União Europeia (UE) são PME's; (2) 66.6% dos postos de trabalho da UE são gerados pelas PME's; e (3) 56.4% do valor acrescentado para as economias da UE provém das PME's. Por conseguinte, parece evidente que as PME's estimulam o espírito empresarial e a inovação e são, desse modo, cruciais para fomentar a competitividade e o emprego. A World Trade Organization (WTO, 2016, p. 3) confirma a importância das PME's, neste caso, para a economia mundial, explicando que as *“micro firms and SMEs account for the majority of firms in most countries (95 per cent on average), and for the vast majority of jobs”*.

As PME's têm um conjunto de vantagens que decorrem do facto de terem pequena dimensão, nomeadamente a facilidade de implementação das capacidades inovativas e a capacidade de aprendizagem rápida e de desenvolvimento de tecnologias com maior velocidade e efetividade do que os seus competidores, algo que se traduz num alto potencial inovador. A adoção de estilos orgânicos de gestão por parte das PME's, caracterizada por estruturas organizacionais planas e flexíveis, origina flexibilidade e adaptabilidade como vantagens-chave (Cosenz & Bivona, 2021; Dodgson *et al.*, 2009). Segundo o governo japonês, empresas de dimensão modesta são ágeis na tomada de decisão e *“are better suited to innovation and the commercialization of technological seeds in a short period of time”* (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT), 2016, p. 217).

Por fim, é importante compreender o conceito de *Sociedade 5.0*, a qual é definida como uma nova sociedade “superinteligente” e que se centra essencialmente no ser humano, pretendendo mudar a vida das pessoas para melhor. Esta forma “ideal” de

sociedade futura corresponde assim a uma 5ª fase, antecedida pela “sociedade da caça”, pela “sociedade agrária”, pela “sociedade industrial” e, por fim, pela “sociedade da informação” (Bartoloni *et al.*, 2021; Government of Japan, 2021). No processo de transição de uma sociedade para outra, nomeadamente da sociedade da informação para a Sociedade 5.0, as mudanças ocorrem a todos os níveis sociais e, por este motivo, a mudança social é geralmente subsequente a revoluções industriais (Rojas, Peñafiel, Buitrago, & Romero, 2021).

Segundo Fukuda (2020, p. 1), o principal objetivo nesta nova era é o seguinte: “*it aims to create a human-centered society in which products and services will be readily provided to satisfy various potential needs as well as to reduce economic and social gaps so that all the people live a comfortable and vigorous life*”. Neste sentido, a Sociedade 5.0 pretende resolver os desafios que o mundo enfrenta e trazer verdadeira prosperidade às pessoas, integrando valores centrados no ser humano num novo método de fundir o ciberespaço com o espaço físico, de forma a aproveitar o máximo da transformação digital e tornar as *Information and Communication Technologies* (ICT) numa força motora para a realização de uma estrutura não apenas industrial, mas que represente também uma vida rica e de alta qualidade para as pessoas (*i.e.*, alcançar a transformação digital da própria sociedade) (Government of Japan, 2021). No tópico que se segue, apresentar-se-ão algumas medidas que poderão impulsionar a contribuição e a adaptação das PME's a esta sociedade do futuro.

## **2.2. Adaptação das PME's à Sociedade 5.0**

O conceito Sociedade 5.0 surgiu como resposta aos diferentes desafios globais percebidos pelo governo japonês, nomeadamente questões: (1) da esfera social, como são exemplo o desperdício alimentar, o declínio do índice de natalidade e a redução da segurança cibernética; (2) do âmbito ambiental, como as alterações climáticas, a escassez de recursos, a utilização de combustíveis fósseis e a redução significativa da biodiversidade; e (3) do domínio económico, como o aumento da competitividade tecnológica e a estagnação económica (Council for STI, 2015).

A noção de *Triple Bottom Line* (TBL) integra as três dimensões de sustentabilidade salientadas, nomeadamente as dimensões social, ambiental e económica (Elkington, 1998). As três dimensões podem ser distinguidas de forma inteligível, pois a

dimensão social aborda os temas relacionados com a satisfação das necessidades humanas, promovendo a coesão social, enquanto que a dimensão ambiental trata as matérias da preservação ecológica, da preocupação com a qualidade do ecossistema e do desenvolvimento alternativo e, por fim, a dimensão económica procura que haja um equilíbrio entre o custo-eficiência e a melhoria da competitividade económica, não obstante das questões de âmbito social e ambiental (Lerman, Benitez, Gerstlberger, Rodrigues, & Frank, 2021; Wey & Huang, 2018). Esta abordagem decorre da expectativa de mudança por parte da sociedade em relação à criação de valor, que deve transcender os benefícios exclusivamente económicos em direção a uma sustentabilidade holística, que inclua as perspetivas social e ambiental.

Tendo como propósito melhorar o desempenho em cada um destes aspetos através da criação de sinergias, a TBL contribui, ao mesmo tempo, para a integração da esfera tecnológica e dos ecossistemas naturais, sendo essencial para a adoção efetiva da tecnologia (Álvarez, Bárcena, & González, 2017; Birkel & Müller, 2021; Watanabe *et al.*, 2017). No mesmo sentido, a World Commission on Environment and Development (Brundtland Report, 1987, p. 39) descreve o conceito de *desenvolvimento sustentável* da seguinte forma: “*sustainable development seeks to meet the needs and aspirations of the present without compromising the ability to meet those of the future*”. A Sociedade 5.0 considera a importância da sustentabilidade para o alcance de uma melhor qualidade de vida, tendo como primazia construir “*a society that is sustainable and resilient against threats and unpredictable and uncertain situations, that ensures the safety and security of the people, and that individual to realize diverse well-being*” (Government of Japan, 2021, p. 11; Rojas *et al.*, 2021), procurando, simultaneamente, que as futuras gerações possam viver “*in abundance while satisfying the needs of the present generation*” (Government of Japan, 2021, p. 19).

No relatório correspondente ao sexto Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação do Japão, é enfatizado que a visão de Sociedade 5.0 é “*strongly sympathetic to the proposal of the Sustainable Development Goals (SDGs) adopted at the United Nations Summit in 2015*” (Government of Japan, 2021, p. 3). Neste contexto, Irina Bokova, Diretora-Geral da UNESCO, referiu que “*for the first time at this level, the role of science, technology and innovation has been explicitly recognized as a vital driver for sustainability*” (UNESCO, 2015, p. 8). O Relatório de Ciência da UNESCO para 2030 (UNESCO, 2015, p. 9) estabelece ainda uma conexão entre a STI, o desenvolvimento sustentável e a resolução dos problemas globais que a Sociedade 5.0 procura colmatar, pois “*science will*

*be critical to meeting the challenge of sustainable development, as it lays the foundations for new approaches, solutions and technologies that enable us to identify, clarify and tackle local and global problems*”. Face ao exposto, as PMEs enfrentam diferentes barreiras que limitam a implementação e o desenvolvimento de novas tecnologias, nomeadamente no que refere à disponibilidade financeira, resistência à mudança, manutenção dos empregos, segurança e proteção de dados e, por fim, regras regulatórias.

De acordo com Dodgson *et al.* (2009), o problema que permanece nas PME é essencialmente relativo às finanças e *cash flow*, sendo que o seu acesso ao financiamento é também limitado, algo que restringe o valor que pode ser investido em R&D. Wellalage e Fernandez (2019) demonstram que PMEs menos inovadoras têm maior probabilidade de obter financiamento externo. Os autores sugerem a importância da existência de um sistema financeiro formalizado amplo e adaptado às diferentes etapas do ciclo de vida das PMEs. Adicionalmente, Lee (2021) refere que o *rating* de crédito determina a sobrevivência das PMEs com base em informações financeiras anteriores, defendendo que deveria existir uma perspetiva de médio/longo prazo adaptada às características das empresas que investem em inovação tecnológica e que obtêm retorno de forma mais diferida no tempo. A medida proposta por Lee (2021) prende-se com a formulação de políticas de apoio e incubação direcionadas às PMEs que apliquem perspetivas de médio/longo prazo ajustadas às características da inovação. Ardito, Raby, Albino e Bertoldi (2021) reforçam esta ideia, enfatizando a relevância do papel dos formuladores de políticas que, segundo os mesmos, deverão permanecer vigilantes relativamente às restrições enfrentadas pelas PMEs na procura por estratégias digitais e ambientais, apostando na construção de políticas associadas à concessão de empréstimos ou créditos fiscais.

A implantação de tecnologias de última geração contribui para melhorar a produtividade do trabalho (Fukuda, 2020). Os *collaborative robots*, utilizados como ferramenta de auxílio dos colaboradores nas suas tarefas diárias, são exemplo de uma das inovações que se têm tornado mais acessíveis a empresas de menores dimensões, uma vez que o preço tem tendência a estabilizar ou decrescer (Fukuda, 2020). Ainda assim, existem diversos outros fatores que dificultam e/ou que fomentam a aceitação das tecnologias de ponta – relacionados com as emoções, pressões sociais e cognições – os quais influenciam a gestão de recursos humanos e enfatizam a importância de uma boa gestão da mudança (Giudice, Scuotto, Orlando, & Mustilli, 2021; Sestino, Prete, Piper, & Guido, 2020). Posto isto, a atitude dos colaboradores pode variar de acordo com



diferentes contingências e releva que uma cultura organizacional capaz de equilibrar a automatização pode reduzir o receio e a inércia dos mesmos em relação à implementação de inovações tecnológicas. O equilíbrio deve ser ascendido através da qualificação e requalificação das competências e dos conhecimentos dos funcionários, assim como através do investimento em tecnologias de *Artificial Intelligence* (AI) centradas no ser humano (*i.e.*, autocontroladas pelo colaborador e que o capacitem em termos emocionais e cognitivos) (Fukuda, 2020). No mesmo sentido, como referencial aos formuladores de políticas, sugere-se o investimento na educação para a criação de novas competências alinhadas com a sociedade futura (Giudice *et al.*, 2021). Neste sentido, a *data-driven innovation* poderá conduzir a alterações estruturais nos mercados de trabalho, tendo em conta que permite a automação de um número crescente de tarefas cognitivas e manuais. O rápido progresso da AI nesta direção poderá originar a polarização do trabalho, na medida em que os empregos de competências de nível intermédio tendem a desaparecer e a força de trabalho tende a subdividir-se em grupos de colaboradores altamente remunerados e competentes, bem como em grupos de colaboradores com baixas remunerações e competências (Fukuda, 2020).

A implementação e o desenvolvimento de novas tecnologias levantam desafios em termos éticos e legais. Alguns dos principais problemas identificados estão relacionados com o grau de tomada de decisão concedido aos algoritmos, a segurança de equipamentos autónomos, a manipulação de dados, a possibilidade de ataques cibernéticos e, por fim, a quantidade de dados pessoais partilhados nos sistemas que compõem a Sociedade 5.0 (Fukuda, 2020). Neste sentido, a *Inovação Responsável* (IR) é um conceito que traduz esta realidade, na medida em que se trata de um processo interativo e holístico que promove o foco numa conduta eticamente aceitável e em atividades de investigação socialmente desejáveis, considerando também os efeitos das mesmas e a forma como são implementadas (Ackoff, 1974; Divella & Sterlacchini, 2021). A IR está, por norma, associada à primordialidade de alinhamento da investigação e da inovação com as necessidades da sociedade. Na mesma sequência, a Comissão Europeia (2014) definiu cinco pilares principais da IR: (1) *engagement* dos *stakeholders* no processo de investigação como garantia do alinhamento com os interesses sociais; (2) *open access*, caracterizado pela facilidade de acessibilidade aos resultados da investigação académica; (3) equidade de género na investigação, como promotora da qualidade científica e relevância social; (4) conformidade com as normas de conduta ética; e (5)

educação em ciência, na medida em que promove o compromisso para com a investigação e inovação.

De modo a que o desenvolvimento e a utilização das tecnologias de ponta não saia fora do controle da sociedade, Stahl, Chatfield, Holter e Brem (2019) referem que deve ser estabelecida uma cultura eticamente consciente, um processo profundo de longo termo que implica apoio dos líderes de topo e a alocação significativa de recursos que proporcionem aos colaboradores a possibilidade de contribuírem e sentirem que fazem a diferença. Sob outra perspetiva, Divella e Sterlacchini (2021) recomendam a conjugação de incentivos económicos diretos com os requisitos legais de forma a incentivar o *engagement* em inovações sustentáveis e responsáveis, especialmente como medida de apoio às interações das PMEs com outras entidades. Segundo os autores, estas medidas devem ser implementadas pelos governos regionais devido ao conhecimento dos ecossistemas locais nos quais as PMEs estão integradas e as políticas públicas devem ser conciliadas com práticas de gestão de recursos humanos que incentivem a participação ativa dos colaboradores nestas atividades de IR. Por último, devem desenvolver-se métodos de controle, utilização e monitorização dos sistemas dinâmicos, garantindo a padronização da modularização (ao invés da uniformização), algo que permitirá a elaboração de soluções personalizadas e adaptadas às necessidades dos membros da Sociedade 5.0 (Nagy, Hajrizi, & Palkovics, 2020). Adicionalmente, destaca-se a relevância do envolvimento dos cidadãos neste paradigma (Carraz & Harayama, 2019).

A inovação manifesta-se através do desenvolvimento de conhecimento por meio da exploração de novas possibilidades ou através da criação de valor com foco na exploração das capacidades existentes. As empresas de “alto desempenho” são, por norma, aquelas que beneficiam de um equilíbrio de ambas as formas de inovação em simultâneo. Ou seja, as que fazem bom uso da ambidestria (Oluwafemi, Mitchelmore, & Nikolopoulos, 2020). Tendo em consideração que a inovação ocorre como resultado do *engagement* das partes interessadas, particularmente dos funcionários por desempenharem um papel fundamental na descoberta de oportunidades e na manutenção da vantagem competitiva, as organizações devem adotar abordagens que promovam comportamentos de inovação ambidestros por parte destes e de outros *stakeholders* (Leonidou, Christofi, Vrontis, & Thrassou, 2020).

As PMEs e as grandes empresas inovam de forma diferente e, consequentemente, enfrentam desafios diferentes. Como referido anteriormente, nem sempre as PMEs possuem os recursos financeiros e humanos, assim como a base tecnológica, para

desenvolver e comercializar as tecnologias, devendo ser recetivas a modelos de inovação aberta que incluam capacidade cooperativa e de cocriação com outras empresas, organizações de investigação e universidades (Aguilar-Fernández & Otegi-Olaso, 2018; Cosenz & Bivona, 2021; Dodgson *et al.*, 2009). Neste sentido, é a mobilidade dos recursos humanos, do conhecimento e dos fundos que irá criar um ambiente propício à inovação, através do desenvolvimento de plataformas e centros de inovação aberta, criação de um ambiente facilitador da ligação entre as mais recentes inovações tecnológicas e as necessidades da sociedade e utilização de programas de recompensa às entidades que participem nestas iniciativas. O incentivo à inovação tecnológica nas empresas pode passar também pelo alcance de uma proteção ótima da *Propriedade Intelectual* (PI). Liu, Mu, Hu, Wang e Wang (2018, p. 745) salientam que “*the inverted-U relation between intellectual property protection and technological innovation is verified*”. Esta afirmação revela que o fortalecimento da proteção à PI poderá fomentar o desenvolvimento da capacidade de inovação das PME's, uma vez que as mesmas investem em R&D com o objetivo de obter retorno económico com as suas inovações. Em contrapartida, essa proteção deverá ser equilibrada, pois uma proteção intelectual descomedida representa uma barreira à inovação tecnológica, no sentido em que reduz a oportunidade de aquisição de conhecimento externo, limitando a possibilidade de inovação aberta (Ahlfänger, Gemünden, & Leker, 2022; Wu, Han, & Zhou, 2021).

Por fim, recomenda-se que as empresas invistam no desenvolvimento de sistemas de proteção dos consumidores no que se refere à segurança de dados (*i.e.*, perda de dados ou privacidade), com risco de se colocar em causa o voto de confiança entre as partes, tal como a reputação da empresa em causa (Sestino *et al.*, 2020). A cibersegurança demonstra-se crucial no combate à fraude e ao cibercrime na sociedade contemporânea, particularmente no setor da banca através, por exemplo, da tecnologia *blockchain* (Ramamoorthi *et al.*, 2021; Rodrigues, Ferreira, Teixeira, & Zopounidis, 2022). No ponto que se segue, serão identificadas algumas metodologias de avaliação e análise de adaptação das PME's à Sociedade 5.0, assim como os respetivos contributos e limitações.

### **2.3. Métodos de Análise: Contributos e Limitações**

A análise da adaptação das PME's à Sociedade 5.0 compreende um amplo leque de indicadores. No entanto, este conjunto de variáveis não se encontra convencionado de

forma evidente ou direta na investigação académica, tornando-se necessário realizar uma interpretação de acordo com a informação que se encontra disponível. Dessa interpretação, surgem diferentes aspetos que devem ser objeto de análise aquando da avaliação da adaptação das PME's à Sociedade 5.0 e, posteriormente, identificadas as respetivas *frameworks* de medição de cada uma das variáveis de acordo com estudos anteriores.

Face ao exposto, verificada a tendência de desenvolvimento da Sociedade 5.0 num contexto global, considera-se relevante identificar os critérios que determinam a adaptação das PME's a esta realidade, com o intuito de facilitar a adoção de medidas concretas por parte das PME's e de políticas públicas por parte dos governos, que favoreçam simultaneamente ambas as partes e a sociedade em geral. Tendo em conta esta necessidade, foram identificadas algumas variáveis em estudos anteriores que devem ser consideradas na análise. Alguns destes estudos encontram-se no *Quadro 2.1*, que inclui também as respetivas contribuições e limitações.

**Quadro 2.1: Metodologias de Avaliação e Análise da Adaptação das PMEs à Sociedade 5.0: Contributos e Limitações**

Autor	Método	Contribuições	Limitações Reconhecidas pelos Autores
Cruz-Cázares <i>et al.</i> (2013)	<i>Technological Innovation Efficiency Model</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite analisar a relação entre a inovação e a <i>performance</i> organizacional;</li> <li>▪ Testa o efeito moderador do nível de intensidade tecnológica e da dimensão da empresa na relação eficiência-<i>performance</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O modelo <i>bootstrap</i> não inclui inovações de processo como terceiro <i>input</i>, devido a falta de informação;</li> <li>▪ Não considera a possibilidade de as fontes das atividades de I&amp;D poderem produzir diferentes níveis de resultados de inovação.</li> </ul>
García <i>et al.</i> (2017)	<i>Methodology for Evaluating Capabilities Innovation at University Institutions Using a Fuzzy System</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite identificar o índice de criação e consolidação de capacidades organizacionais;</li> <li>▪ Sistema integrado multidimensional que inclui variáveis quantitativas qualitativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduzida versatilidade no controlo dos parâmetros de medição, algo que poderia ser colmatado com a utilização de um sistema difuso.</li> </ul>
Sarker <i>et al.</i> (2021)	<i>Sustainability Performance Multiple Criteria Evaluation Model</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite a avaliação da eficácia de estratégias de sustentabilidade;</li> <li>▪ Contributos em relação ao número de critérios abrangidos no modelo (21 índices);</li> <li>▪ Modelo robusto que inclui três métodos MCDM – Multiple-Criteria Decision-Making.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limitação na aplicabilidade do modelo em contextos diferentes;</li> <li>▪ Não considera algoritmos para agregar os resultados obtidos nos 3 métodos;</li> <li>▪ Os métodos MCDM não tiveram em consideração as relações entre os critérios.</li> </ul>
Alam <i>et al.</i> (2022)	<i>Descriptive Model of Open Innovation System</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite avaliar o grau de abertura dos ecossistemas de inovação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Amostra não estratificada, algo que origina limitações de generalização;</li> <li>▪ Não permite elaboração de inferências causais;</li> <li>▪ <i>Network</i> limitada de antecedentes, condições e resultados;</li> <li>▪ Possibilidade de multicolinearidade e efeito “<i>halo</i>”.</li> </ul>

A análise do *Quadro 2.1* é exemplificativa da variedade de estudos que podem ser utilizados para avaliar diferentes vertentes da adaptação das PME's à Sociedade 5.0. Tendo como base os diferentes métodos apresentados, constata-se que é possível e relevante mensurar a adaptação das PME's à Sociedade 5.0. No entanto, é importante enfatizar o facto de não existirem modelos que contemplem, em simultâneo, todas as vertentes que compõe a Sociedade 5.0. Neste sentido, importa ter presente que o conceito de Sociedade 5.0 é recente e pode ser considerado difícil de explicar. Por conseguinte, a sua natureza abrangente pode tornar a avaliação da adaptação das PME's a esta nova sociedade num processo ainda mais complexo e exigente, cujo modelo respetivo deverá incluir inúmeras variáveis. No próximo ponto, serão evidenciadas as limitações metodológicas gerais dos estudos analisados, de modo a justificar-se a escolha da abordagem metodológica adotada na realização desta dissertação.

#### **2.4. Limitações Metodológicas Gerais**

A análise da adaptação das empresas à Sociedade 5.0, em particular nas PME's, torna-se cada vez mais relevante à medida que as tecnologias de ponta se vão desenvolvendo e implementando nestas empresas, bem como à medida em que as necessidades da sociedade se vão alterando no sentido da promoção do desenvolvimento sustentável e da resolução de desafios globais. Assim, é importante considerar diferentes métodos de avaliação e entender os seus respetivos contributos e limitações, com vista a encontrar uma solução que melhor se adapte aos objetivos propostos e que, por esse motivo, apresente os melhores contributos e restrinja ao máximo a existência de limitações.

Neste sentido, podem ser apontadas variadas fragilidades nas práticas utilizadas para medir cada uma das vertentes da adaptação das PME's à Sociedade 5.0, sendo que a maior das fragilidades é a inexistência de um modelo que apresente uma visão holística dessas mesmas variáveis. Desta forma, as fraquezas mais relevantes identificadas nos atuais modelos são: (1) incompletude dos modelos, na medida em que medem a adaptação das PME's à Sociedade 5.0 de forma incompleta, por meio da utilização de indicadores insuficientes e direcionados para uma única vertente; (2) difícil compreensão da definição dos critérios de avaliação utilizados; e (3) omissão das relações de causa-efeito entre os diferentes critérios considerados.

Tendo em conta estas observações, torna-se necessária a utilização de uma ferramenta mais completa que incorpore metodologias complementares e abranja as diferentes dimensões da adaptação das PME's à Sociedade 5.0. O modelo deverá contribuir para a elaboração de conclusões realistas e possibilitar a identificação dos principais determinantes da melhoria contínua. Desta forma, a presente dissertação adota uma abordagem construtivista, orientada para o processo, a fim de conceber um modelo de análise multicritério que ultrapasse algumas das limitações identificadas. Para tal, reger-se-á pela combinação do mapeamento cognitivo e da lógica neutrosófica com o método *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). O *Capítulo 3* abordará estas metodologias de forma mais detalhada no âmbito da elaboração de um sistema de análise da adaptação das PME's à Sociedade 5.0.

## ***SINOPSE DO CAPÍTULO 2***

Este segundo capítulo iniciou-se com um breve enquadramento dos conceitos de inovação tecnológica, PME e Sociedade 5.0. Os principais objetivos propostos foram os seguintes: (1) evidenciar a importância da inovação tecnológica como abordagem de adaptação das PMEs à Sociedade 5.0; (2) apresentar a vertente do conceito que concerne às diferentes abordagens da sustentabilidade, bem como algumas características das PMEs e barreiras à inovação que definem as medidas a adotar e as políticas a desenvolver nesse âmbito; (3) apresentar alguns métodos de avaliação utilizados na análise de algumas das vertentes da Sociedade 5.0, incluindo as respetivas contribuições e limitações; e, por fim, (4) evidenciar algumas limitações metodológicas gerais, que justificam a utilização da metodologia apresentada e que parte de uma abordagem construtivista. Assim, foi possível constatar que a adaptação das PMEs à Sociedade 5.0 se trata de uma realidade complexa, na medida em que inclui diversas dimensões, algumas das mesmas de carácter subjetivo. Como referido ao longo do capítulo, o desenvolvimento das ICT tem crescido a um ritmo avassalador, ao mesmo tempo que os problemas que afetam a sociedade, nomeadamente económicos, ambientais e sociais, se agravam. Adicionalmente, também as necessidades e aspirações das pessoas têm vindo a sofrer alterações, registando-se uma crescente valorização do bem-estar e das questões que concernem à sustentabilidade, ao mesmo tempo que matérias como a criação de riqueza nas economias continuam a ter o seu destaque. Estas matérias sugerem a imprescindibilidade da evolução dos processos de inovação tecnológica das empresas e, como tal, a adaptação das PMEs à Sociedade 5.0 será crucial de modo que estas empresas possam dar a sua contribuição para a resolução dos desafios sociais. Neste sentido, enfatizou-se a importância do apoio dado às PMEs nos âmbitos da disponibilidade financeira, bem como a colmatação de problemas que surgem do desenvolvimento e da utilização de tecnologias (*e.g.*, empregos, propriedade intelectual, segurança e proteção de dados). Referiu-se também a relevância dos incentivos ao desenvolvimento de novas tecnologias e implementação de regras regulatórias e políticas públicas por parte das entidades governamentais. Num outro momento, aceitando que mensurar a adaptação das PMEs à Sociedade 5.0 é um processo complexo, foram descritos métodos de avaliação formulados por alguns autores e, depois, sintetizadas limitações gerais, tendo em conta que uma limitação pode ser uma oportunidade para novos desenvolvimentos. Com vista a uma contribuição mais transparente e completa do tema, identificou-se espaço para propor o desenvolvimento de um modelo multicritério que tem em vista suprir algumas das limitações identificadas. No próximo capítulo, serão aprofundadas as metodologias a utilizar.



No seguimento da discussão sobre a relevância do desenvolvimento de um modelo que evidencie critérios de adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, a fim de apoiar o processo de tomada de decisão consciente por parte dos gestores destas empresas e dos órgãos regulamentares e governamentais, assim como após a apresentação de algumas das limitações metodológicas de modelos desenvolvidos no âmbito de algumas abordagens da *Sociedade 5.0*, antevê-se a necessidade de conceção de um modelo que ultrapasse algumas dessas fraquezas. Por conseguinte, este terceiro capítulo visa enquadrar a estruturação de problemas complexos, explicitando a importância dos *Problem Structuring Methods* (PSMs), assim como evidenciar o mapeamento cognitivo, a lógica neutrosófica e o método *DEcision Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) como metodologias complementares a ser empregues na estruturação do problema em análise.

#### 3.1. A Estruturação de Problemas Complexos

Segundo Yalcin, Kilic e Delen (2022, p. 1), a tomada de decisão racional e adequada “*is one of the most critical processes for companies*”. As exigências dos consumidores, cada vez mais diversificadas, têm impulsionado a existência de requisitos mais elevados sobre a qualidade da tomada de decisão nas empresas (Li, Lin, Ouyang, & Luo, 2022).

Devido à complexidade da tomada de decisão, os responsáveis pela mesma têm confiado, de forma frequente, na sua intuição para tomar decisões em contextos de elevado nível de incerteza e pressão de tempo, sendo que a eficácia da utilização da intuição em contraste com formas de tomada de decisão mais analíticas é ainda alvo de debate na comunidade científica (Kahneman & Klein, 2009; Vincent, 2021). No entanto, o processo de apoio à tomada de decisão deve ser estruturado de acordo com três fases cruciais: (1) estruturação do problema; (2) avaliação das ações potenciais; e (3) formulação de recomendações (*cf.* Ferreira, 2011). Assim, procurando solucionar problemas complexos, a estruturação desses problemas destaca-se como uma fase essencial do processo, na medida em que, tratando-se da primeira fase, irá influenciar os *outcomes* das seguintes.

A estruturação de problemas de decisão complexos caracteriza-se pela sua natureza dinâmica (Hector, Christensen, & Petrie, 2009), tratando-se de um processo criativo que tem como objetivo transformar um problema mal definido ou semi-definido num “conjunto de elementos, relações e operações bem definidos” (Ferreira, 2011, p. 105). Neste sentido, foram propostos diversos *Problem Structuring Methods* (PSMs), nomeadamente: *Soft Systems Methodology* (SSM); *Strategic Choice Approach* (SCA); e *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) (ou *JOURNEY Making*) (Munro & Mingers, 2002; Rosenhead & Mingers, 2001). Os PSMs foram criados de modo a refletir sobre fatores complexos de atitude, motivacionais e inatos que estão subjacentes a situações problemáticas, com o fim último de representar um modelo que permita aos participantes “to clarify their predicament, converge on a potentially actionable mutual problem or issue within it, and agree commitments that will at least partially resolve it” (Mingers & Rosenhead, 2004, p. 531).

A metodologia *Decision Conferencing*, que beneficia da realização de sessões de trabalho intensivo com o objetivo de abordar determinado problema específico, adquire importância como facilitadora do processo de estruturação de problemas complexos e sustentará a utilização do mapeamento cognitivo. No próximo ponto, aprofundaremos o mapeamento cognitivo como PSM a aplicar no âmbito da presente dissertação.

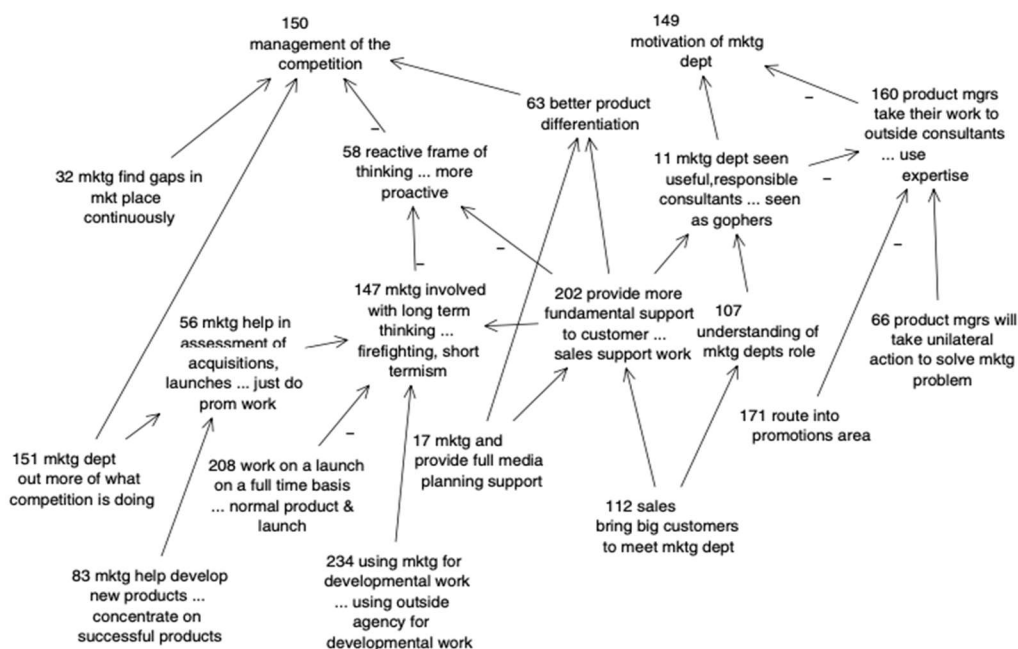
### **3.1.1. *Problem Structuring Methods* e Mapeamento Cognitivo**

Os PSMs enquadram-se no âmbito da Investigação Operacional (IO) e representam um paradigma alternativo à resolução de problemas que se distingue da IO tradicional (Rosenhead & Mingers, 2001). Enquanto, por um lado, a IO tradicional segue uma lógica de objetividade racional, os PSMs aceitam a subjetividade como elemento intrinsecamente associado aos problemas complexos (Smith & Shaw, 2019). Adicionalmente, os PSMs assumem uma abordagem holística e humanística, caracterizada pela facilitação da participação e pelo estímulo ao diálogo e à negociação entre os decisores, de modo que cheguem a um entendimento quanto às ações a tomar através de uma decomposição estruturada das questões e do processo social de aprendizagem (Ackermann, 2012; Pidd, 2009; Smith & Shaw, 2019).

Segundo Eden (2004, p. 1), um mapa cognitivo é uma “*representation of thinking about a problem that follows from the process of mapping*”. Estes mapas organizam os conceitos de forma hierárquica e por ordem de importância, traduzindo-se numa rede de nódulos (*i.e.*, conceitos) ligados por setas, onde a direção de cada uma destas setas implica causalidade

percebida (Pereira *et al.*, 2020). O mapeamento cognitivo corresponde a uma ferramenta de apoio à tomada de decisão multivalente, no sentido em que molda as relações complexas entre as variáveis de um problema ou fenómeno, representando esse mesmo fenómeno de uma forma visual perceptível (Carlucci, Schiuma, Gavrilova, & Linzalone, 2013; Ferreira, Jalali, Zavadskas, & Meidutė-Kavaliauskienė, 2017). Esta metodologia permite incorporar um conjunto de critérios bastante alargado, contribuindo para uma visão mais completa do problema em análise (Ackermann, Howick, Quigley, Walls, & Houghton, 2014).

De acordo com Ferreira, Spahr, Santos e Rodrigues (2012), os mapas cognitivos possuem três particularidades: (1) a sua construção permite gerar discussões entre os participantes envolvidos nos processos de tomada de decisão; (2) facilitam a taxa de redução de critérios importantes omitidos; e (3) contribuem para um entendimento mais profundo das relações de causa-e-efeito entre os critérios definidos. A *Figura 3.1* exemplifica visualmente parte de um mapa cognitivo.



**Figura 3.1: Exemplo de Parte de um Mapa Cognitivo**

*Fonte: Eden (2004, p. 3).*

Como apresentado na *Figura 3.1*, as setas evidenciam as relações entre critérios, sendo que a extremidade da cabeça de uma seta (*i.e.*, a parte correspondente à flecha) aponta um “nódulo” que é influenciado pelo conceito que surge na cauda da mesma (Eden, 2004). No mapeamento cognitivo, identifica-se cada nódulo como possuindo dois polos contrastantes. As relações de causalidade entre os critérios, definidas pelos decisores, são diferenciadas pela

presença de um sinal positivo (+) ou negativo (–) que acompanha cada uma das setas. Assim, caso as setas sejam acompanhadas por um sinal negativo, indicam uma relação de causa-efeito negativa entre dois conceitos ou expressões, enquanto que, não se verificando esta situação, as setas sugerem uma relação de causa-efeito positiva (Eden, 2004). Ou seja, um sinal positivo qua acompanhe uma seta de A para B, revela que A irá levar a um aumento no valor de B. Por outro lado, um sinal negativo significará que um aumento em A levará a uma diminuição do valor correspondente a B (Salmeron, Mansouri, Moghadam, & Mardani, 2019).

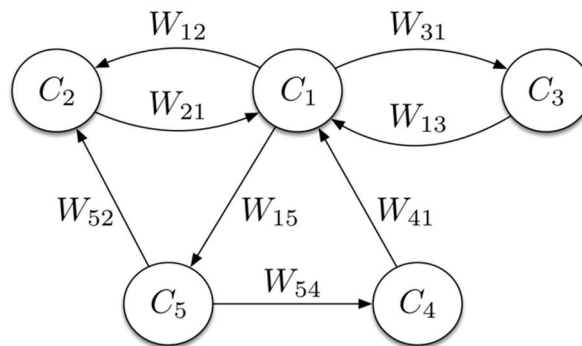
A elaboração de um mapa cognitivo, que retrate o pensamento conjunto dos especialistas, é viabilizada pela presença de um facilitador, que deverá intervir de forma imparcial durante as sessões, de modo a apoiar os decisores no estabelecimento de um consenso relativo aos entendimentos da problemática a considerar no processo de tomada de decisão (*i.e.*, na definição dos fatores cruciais a discutir) (Ferreira, 2011). Deste modo, o mapeamento cognitivo transparece as relações que se estabelecem entre os conceitos, compreendendo a reavaliação das opiniões como consequência da partilha de conhecimentos e experiências entre os membros do grupo. O mapeamento cognitivo utilizado na presente dissertação baseou-se numa lógica neutrosófica, conceito que será analisado no próximo ponto.

### 3.1.2. Lógica Neutrosófica

O mapeamento cognitivo, abordado no tópico anterior, caracteriza-se por se tratar de uma ferramenta eficaz na estruturação de relações causais entre os diferentes critérios que envolvem um problema complexo. Ainda assim, torna-se crucial conciliar esta abordagem com a vertente neutrosófica.

Os mapas cognitivos simples são *“incapable of embodying the true dynamics of real decision problems because the intensity of the cause-and-effect relationships between concepts and/or criteria remains unquantified”* (Ferreira & Meidutė-Kavaliauskienė, 2019, p. 7). A intensidade das relações de causalidade entre variáveis não é considerada nos mapas cognitivos originais e, como tal, em 1986, foi proposta a associação destes mapas à lógica difusa, por Kosko, originando, assim, o mapeamento cognitivo difuso (conhecidos como *Fuzzy Cognitive Maps* (FCMs)) (Pereira *et al.*, 2020). De acordo com Zadeh (1965, p. 338), *“a fuzzy set is a class of objects with a continuum of grades of membership”*. O FCM é uma ferramenta de estruturação de problemas que *“facilitates the representation of knowledge, supports the identification and interpretation of information, and stimulates mental associations”* (Ribeiro, Ferreira, Jalali, & Meidutė-Kavaliauskienė, 2017). A lógica difusa advém da necessidade de

clarificar o processo de tomada de decisão, caracterizando-se pela inclusão de um peso no intervalo  $[0, 1]$  ou  $[-1, 1]$ , conforme o FCM seja unipolar ou bipolar. a cada relação causal (Kosko, 1986). Na *Figura 3.2*, é possível perceber a estrutura simplificada de um FCM, sendo que  $C_i$  corresponde aos conceitos que representam atributos chave do sistema e  $W_{ij}$  às setas que interligam os nódulos de conceitos e respectivos pesos atribuídos às relações causais entre conceitos. No caso da relação de causalidade entre dois conceitos ser positiva, então  $W_{ij} > 0$ . Caso seja negativa, então  $W_{ij} < 0$ . Caso não exista relação entre os dois conceitos,  $W_{ij} = 0$ . Adicionalmente, os valores de  $W_{ij}$  indicam a intensidade da relação (*i.e.*, o quanto um conceito influencia outro) (Salmeron *et al.*, 2019).

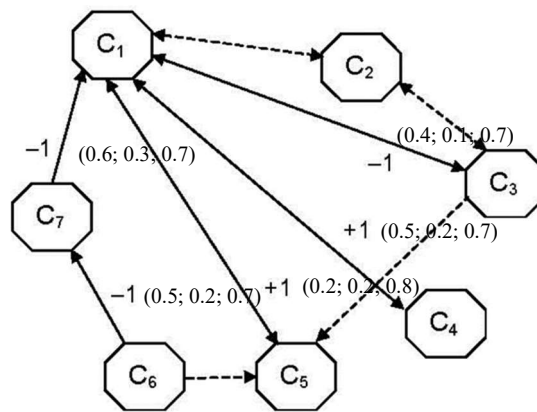


**Figura 3.2: Estrutura de um *Fuzzy Cognitive Map* simples**

*Fonte: Salmeron et al. (2019: 163).*

Os FCM contribuem para a percepção do fenómeno em análise, através da atribuição de pesos e clarificação das relações de causalidade entre critérios. Contudo, a lógica difusa não considera a existência de indeterminação entre os conceitos, nomeadamente relativamente à incerteza por parte dos decisores no que concerne ao impacto que um fator poderá ou não ter noutro fator (*i.e.*, existência de opiniões ambíguas e informação incompleta ou inconsistente) (Al-Subhi, Pupo, Vacacela & Perez, 2018). Assim, a lógica neutrosófica surge como uma extensão da lógica difusa, incorporando o grau de indeterminação/neutralidade ( $I$ ) como componente independente (Abdel-Basset, Atef & Smarandache, 2019; Kandasamy & Smarandache, 2003). Esta abordagem permite uma maior contiguidade ao raciocínio mental humano, tendo em conta que compreende a imprecisão e incerteza inerente à tomada de decisão (Smarandache, 2007). A teoria dos conjuntos neutrosóficos é uma ferramenta matemática “described by three membership functions namely truth-membership ( $T$ ), falsity membership ( $F$ ) and indeterminacy-membership ( $I$ )” (Gholami, Sheikahmadi, Khamforoosh, & Jalili,

Os componentes neutrosóficos ( $T$ ,  $I$ ,  $F$ ) correspondem aos subconjuntos reais pertencentes ao intervalo  $]0, 1^+]$ , assumindo o seguinte pressuposto:  $0 \leq T + I + F \leq 3^+$  (Smarandache, 2007). Assim, a soma dos valores dos componentes neutrosóficos poderá não totalizar os 100%. Em cada aplicação da teoria no contexto dos *Neutrosophic Cognitive Maps* (NCMs), o conceito por detrás da análise é proposto por especialistas na matéria (Gholami *et al.*, 2022). A *Figura 3.3* exemplifica um NCM.



*Fonte: Smarandache (2007, adap.).*

28

À representação gráfica do NCM (*Figura 3.3*) corresponde uma matriz adjacente de dimensões  $n*m$ , com  $n=m$ =número de critérios. Esta matriz (*Figura 3.4*) incorpora os valores que advêm da avaliação neutrosófica realizada para cada relação causa-efeito entre os fatores.

$$\begin{bmatrix} 0 & I & -1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ I & 0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & I & 0 & 0 & I & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

**Figura 3.4: Exemplo de Matriz Neutrosófica Adjacente**

*Fonte: Smarandache (2007, p.24).*

No geral, todos os valores da diagonal da matriz correspondem ao valor zero, tal como as relações indeterminadas se destacam com a letra *I* (Kandasamy & Smarandache, 2003). Tendo em consideração que, na componente empírica da dissertação, a lógica neutrosófica será combinada com a técnica DEMATEL, depreende-se que será necessário recorrer à crispificação dos valores correspondentes às componentes neutrosóficas de verdade, indeterminação e falsidade (*i.e.*, agregar *T*, *I*, *F* num só valor).

Embora existam diversas funções aplicáveis aquando da agregação neutrosófica, salienta-se a fórmula de crispificação de valores neutrosóficos de Pramanik, Banerjee e Giri (2016), tal como a *single-valued neutrosophic score function*, formulada por Smarandache (2020). Quanto à primeira fórmula, o valor neutrosófico crispificado correspondente a  $w_k = (T_k, I_k, F_k)$  pode ser obtido a partir da seguinte equação (1):

$$w_k = \frac{1 - \sqrt{((1-T_k)^2 + (I_k)^2 + (F_k)^2)/3}}{\sum_{k=1}^r \{1 - \sqrt{((1-T_k)^2 + (I_k)^2 + (F_k)^2)/3}\}}. \quad (1)$$

Nesta expressão,  $r$  corresponde ao número total de avaliações realizadas pelos especialistas e deverão ser aplicadas as seguintes duas premissas: (1)  $w_k \geq 0$  (*i.e.*, os valores neutrosóficos deverão ser superiores a zero); e (2)  $\sum_{k=1}^r w_k = 1$  (*i.e.*, o somatório dos valores neutrosóficos crispificados das avaliações deverá totalizar 1) (Pramanik *et al.*, 2016).

Relativamente à *single-valued neutrosophic score function*, que representa a média de positividade das componentes neutrosóficas de valor único, a sua formulação é feita conforme a equação (2):

$$s(T, I; F) = \frac{T+(1-I)+(1-F)}{3} = \frac{2+T-I-F}{3} \quad (2)$$

A *average positive quality function* de um número neutrosófico considera a componente  $T$  (verdade) como uma “qualidade positiva”, enquanto  $I$  (indeterminação) e  $F$  (falsidade) são consideradas “qualidades negativas” (cf. Smarandache, 2020). Por outro lado,  $1-t$  é avaliado como uma qualidade negativa, enquanto  $1-i$  e  $1-f$  são identificadas como qualidades positivas.

As fórmulas apresentadas possibilitam a crispificação das três componentes neutrosóficas, de modo que se obtenha um valor com uma só componente (*i.e.*, lógica *crisp*), que facilite a aplicação da lógica neutrosófica a outras metodologias. A abordagem neutrosófica adequa-se a situações reais de tomada de decisão em que é necessário moldar problemas que envolvam informação incerta, indeterminada e inconsistente, na qual “*human knowledge is necessary, and human evaluation is needed*” (Smarandache & Pramanik, 2016, p. 9). Tendo em conta que estes fenómenos complexos e específicos são integrados pelos NCMs, considera-se relevante aplicar o mapeamento neutrosófico na presente dissertação e, nesse sentido, importa entender os eventuais contributos desta abordagem para a análise da adaptação das PME's à Sociedade 5.0.

### 3.1.3. Contributos para a Adaptação das PME's à Sociedade 5.0

No ponto 2.4, foi identificada a necessidade de criação de um modelo de apoio à adaptação das PME's à Sociedade 5.0, que apresente uma visão holística das diferentes variáveis que compõem o problema em estudo, uma vez que se trata de uma temática abrangente e suscetível de ser interpretada sob diferentes perspetivas. Deste modo, pretendemos desenvolver novas técnicas/metodologias de apoio à tomada de decisão no enquadramento específico desta problemática, através da aplicação de NCMs como forma de estruturação e representação integral da questão no contexto contemporâneo.

O processo de tomada de decisão “*takes place in neutrosophic environment*” (Smarandache & Pramanik, 2016, p. 291), uma vez que, em contexto real, é necessário tecer opiniões e conclusões tendo por base informação imprecisa e inconsistente. O mapeamento



cognitivo neutrosófico irá possibilitar a representação gráfica do pensamento de grupo relativamente ao tema abordado, facilitando a tomada de decisão em situações que circunscrevam alguma incerteza ou ambiguidade, nomeadamente quando identificar as relações entre critérios se torna num desafio para os especialistas (Ferreira *et al.*, 2017). Assim, tratando-se a adaptação das PME's à Sociedade 5.0 de um tema pouco estudado no contexto académico e pouco desenvolvido no contexto empresarial, o mapeamento cognitivo associado à lógica neutrosófica assume um papel crítico na organização, categorização e exposição da informação, fomentando o envolvimento dos decisores no processo de identificação dos critérios preponderantes no estudo e das relações de causalidade associadas, que é também um processo de aprendizagem para os especialistas (Kandasamy & Smarandache, 2003). Deste modo, será possível que os mesmos tomem decisões mais sustentadas e congruentes, tendo em conta que *“using a group of experts has the benefit of improving the reliability of the final model”* (Yaman & Polat, 2009, p. 387). Adicionalmente, importa salientar que a metodologia abordada é relativamente recente e, como tal, a presente dissertação contribui para o incremento da literatura no contexto da aplicação de mapeamento neutrosófico à tomada de decisão e, em particular, na matéria da adaptação das PME's à Sociedade 5.0.

Sumarizando, o mapeamento cognitivo neutrosófico possui um grande potencial de aplicabilidade prática, na medida em que possibilita a análise e modelação deste tema complexo, refletindo as diferentes opiniões dos decisores e a indeterminação inerente ao processo de tomada de decisão. O modelo de adaptação das PME's à Sociedade 5.0 será tendencialmente mais completo e consistente, condensando os critérios mais relevantes para a análise e evidenciando as relações de causalidade entre os mesmos. O tópico seguinte desenvolve a técnica DEMATEL, uma metodologia a conjugar nesta análise multicritério.

### **3.2. O Método DEMATEL**

A lógica neutrosófica, como constatado no tópico anterior, sustenta a tomada de decisão no contexto de um problema ou fenómeno particular. O mapeamento cognitivo proporciona a estruturação da temática em questão, revelando os critérios relevantes e considerando as circunstâncias inerentes ao quadro de decisão, através das componentes neutrosóficas.

Tendo por base um enquadramento metodológico assente numa lógica construtivista, não se pretende encontrar soluções ótimas, mas sim soluções capazes de combinar aspetos objetivos e subjetivos no processo de tomada de decisão (Pinto *et al.*, 2021). Assim, considera-

se relevante adotar uma abordagem multicritério, que combine o mapeamento cognitivo neutrosófico com a técnica DEMATEL e, assim, contribua para um entendimento mais abrangente da temática em questão.

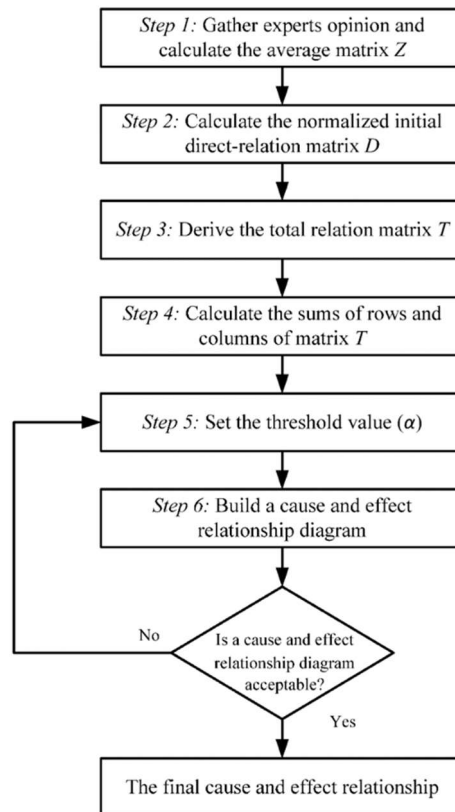
A integração do método DEMATEL permite clarificar as relações de causa-efeito entre os fatores (*i.e.*, compara diretamente as interações entre as variáveis) e o nível de influência que têm entre si, na medida em que facilita o agrupamento de critérios de decisão por categorias de causa e de efeito (Kannan, 2021). Desta forma, a metodologia propicia a identificação de soluções práticas para os problemas complexos em análise, refletindo, particularmente, os fenómenos da sociedade global e permitindo aos decisores considerar percepções coletivas ao longo do processo (Gabus & Fontela, 1972; Zhou, Shi, Deng, & Deng, 2017). Posto isto, posteriormente à aplicação da *Decision Conferencing* e do mapeamento cognitivo neutrosófico na identificação dos fatores determinantes para a adaptação das PME's à Sociedade 5.0, pretendemos averiguar as relações entre variáveis através da técnica DEMATEL, metodologia que será desenvolvida no próximo tópico.

### **3.2.1. Enquadramento e Formulação Matemática**

A técnica DEMATEL é originária da década de 1970, tendo sido concebida no âmbito do *Battelle Memorial Institute of Geneva's Science and Human Affairs Program*, com o objetivo de estudar problemas de decisão em grupo complexos (Gabus & Fontela, 1972). Segundo Du e Li (2020), este método tem tido assinalável sucesso na resolução de diferentes tipologias de problemas reais, em variados domínios da sociedade e das organizações, através da identificação de fatores críticos fundamentais nos sistemas.

A técnica de avaliação DEMATEL pertence à categoria das ferramentas de *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), sendo que permite aos decisores “*not only evaluate the importance of dimensions/criteria but also depict the causal relations among those dimensions/criteria without requiring the assumption that the dimensions/criteria are mutually independent*” (Belton & Stewart, 2002). Deste modo, extrapola pressupostos limitados, aceitando a interdependência entre critérios. Adicionalmente, esta técnica procura organizar os conceitos/fatores por ordem de importância, categorizando-os de acordo com a sua pertença aos grupos de causa ou de efeito. Os fatores pertencentes ao grupo de causa correspondem aos mais preponderantes, na medida em que têm um maior impacto nos restantes. Por outro lado, os fatores pertencentes ao grupo de efeito são os menos prioritários, visto que se trata dos fatores que mais influência recebem dos restantes (Kannan, 2021).

O método em questão baseia-se no conhecimento e na experiência dos especialistas de modo a compreender as inter-relações e as interdependências entre conceitos, traduzindo-se numa representação gráfica das mesmas, que facilita a análise do problema e a identificação de medidas a adotar. A esse gráfico dá-se o nome de diagrama DEMATEL de relações causa-efeito ou *Impact-Relation Map* (IRM) (Yazdi, Khan, Abbassi, & Rusli, 2020). A *Figura 3.5* apresenta a sequência de procedimentos de uma aplicação DEMATEL.



**Figura 3.5: Modelo Representativo das Fases do Método DEMATEL**

*Fonte: Gigović, Pamučar, Bajić e Milićević (2016).*

*Passo 1* | O primeiro passo envolve o cálculo da matriz média  $Z$ , através da recolha de opiniões de um grupo de  $m$  especialistas, os quais deverão indicar o grau de influência direta entre cada dois fatores. Dado um conjunto de  $n$  fatores definidos pelos decisores, o grau através do qual um fator  $i$  influencia um fator  $j$  é referido como  $X_{ij}$  e esta medição da relação entre critérios varia numa escala de 0 a 4, assumindo a seguinte interpretação: 0 – sem influência; 1 – baixa influência; 2 – influência média; 3 – alta influência; e 4 – influência muito alta (Gabus & Fontela, 1972). Deste modo, é concebida uma matriz  $n \times n$ , tal que  $X^k = [x_{ij}^k]$ , no qual  $k$  refere ao número de especialistas que participam no processo, com  $1 \leq k \leq m$  (Pinto *et al.*,

2021). A matriz média  $Z = [z_{ij}]$ , adicionando os graus de influência definidos pelos  $m$  especialistas, é calculada através da seguinte fórmula (3):

$$z_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m x_{ij}^k \quad (3)$$

*Passo 2* | No segundo passo, formula-se a matriz normalizada de relação direta  $D$ . Ou seja,  $D = [d_{ij}]$ , para que cada valor da matriz varie entre 0 e 1 (Pinto *et al.*, 2021). As fórmulas (4) e (5) demonstram a forma como se calcula:

$$D = \lambda \times Z \quad (4)$$

$$\lambda = \text{Min} \left[ \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |z_{ij}|}, \frac{1}{\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n |z_{ij}|} \right] \quad (5)$$

*Passo 3* | O terceiro passo tem como objetivo a obtenção da matriz de relação total  $T$ , na qual  $I$  representa a matriz de identidade  $n \times n$  e o elemento  $t_{ij}$  ilustra os efeitos indiretos que o fator  $i$  tem relativamente ao fator  $j$ . Como tal, segue-se a fórmula (6) correspondente à matriz  $T$ , que espelha o grau de influência nas relações entre cada par de critérios:

$$T = D (I - D)^{-1} \quad (6)$$

*Passo 4* | Este passo tem como *output* os níveis totais de influência, tanto nas linhas como nas colunas da matriz  $T$ . Os vetores  $r$  e  $c$  representam, respetivamente, os totais, conforme as fórmulas (7) e (8):

$$r = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} = [r_i]_{n \times 1} \quad (7)$$

$$c = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]'_{1 \times n} = [c_j]'_{1 \times n} \quad (8)$$

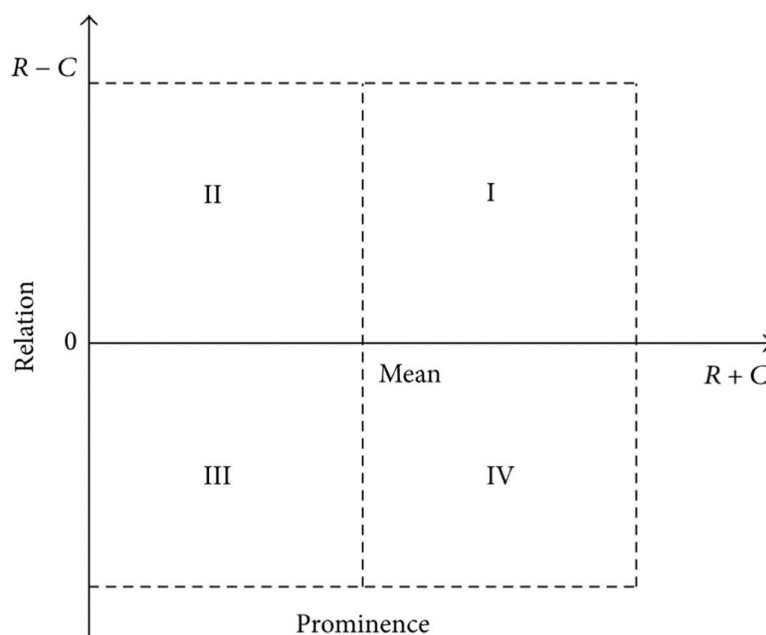
Neste caso, o total da linha  $i$  da matriz  $T$  faz-se representar por  $r_i$ , indicando o total de efeitos diretos e indiretos recebidos pelo critério  $i$  provenientes dos restantes critérios. Por outro lado,  $c_j$  considera o total de efeitos que o critério  $j$  tem nos restantes, representando o total da coluna  $j$  da matriz  $T$ . Assim, quando  $j = i$ , o valor de  $r_i + c_i$  corresponde à influência total

fornecida e recebida pelo fator  $i$ . Adicionalmente, se porventura  $r_i - c_i$  é positivo, o critério  $i$  pertence ao grupo dos doadores ou grupo das causas, tendo influência direta sob os restantes fatores. Contrariamente, se  $r_i - c_i$  é negativo, então o fator  $i$  é predominantemente influenciado pelos restantes critérios, pertencendo ao grupo dos recetores ou grupo dos efeitos (Tzeng, Chiang & Li, 2007).

*Passo 5* | Neste passo, é necessário definir o valor limiar ( $\alpha$ ), o qual é calculado pela média dos elementos da matriz  $T$  e utilizado de forma a eliminar critérios com efeitos menores na matriz  $T$ , uma vez que, incluindo toda a informação no diagrama DEMATEL, a sua complexidade iria dificultar – em vez de facilitar – a tomada de decisão (Yang, Shieh, Leu, & Tzeng, 2008). O número total de elementos na matriz  $T$  é representado por  $N$ , na fórmula seguinte (9):

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}]}{N} \quad (9)$$

*Passo 6* | A sexta e última etapa prende-se com a construção de um mapa de influência (*i.e.*, IRM) ou mapa DEMATEL, o qual se materializa através do mapeamento de todos os conjuntos de coordenadas ( $r_i + c_i$ ;  $r_i - c_i$ ), de forma a visualizar as complexas inter-relações entre critérios e fornecer informação relativamente a quais os fatores mais importantes e quanto influenciam os critérios envolvidos (Pinto *et al.*, 2021). Como ilustrado na *Figura 3.6*, o IRM está dividido em quatro quadrantes: (1) Quadrante I é composto pelos critérios mais importantes e fortemente conectados; (2) Quadrante II inclui os fatores movidos pela autonomia que, embora tenham fortes relações, não podem ser considerados proeminentes; (3) Quadrante III engloba os fatores independentes, que não são proeminentes e têm, simultaneamente, fracas inter-relações com os restantes; e (4) Quadrante IV contém os fatores de impacto relevante que, contudo, possuem conexões fracas. Os valores  $R+C$  e  $R-C$  correspondem, respetivamente, aos eixos horizontal e vertical (Braga *et al.*, 2021).



**Figura 3.6: Estrutura de um Diagrama de Causa-efeito**

*Fonte: Si, You, Liu e Zhang (2018, p. 11).*

Deste modo, a utilidade do método DEMATEL torna-se evidente num contexto de tomada de decisão, tratando-se de uma ferramenta adequada, nomeadamente, para a análise dos determinantes da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, tendo em conta que os “*decision makers can visually detect the complex causal relationships among factors and further spotlight valuable insights for decision making*” (Si et al., 2018, p. 11). Contudo, a técnica DEMATEL pressupõe que os especialistas atribuam valores aos diferentes critérios através de uma escala de avaliação (*Passo I*), algo que, por vezes, poderá dificultar o processo de tomada de decisão. Explicadas as diferentes noções e passos inerentes a esta abordagem, desenvolver-se-ão, no ponto seguinte, as suas principais vantagens e limitações.

### 3.2.2. Vantagens e Limitações

A análise das vantagens e limitações do método DEMATEL assume-se imprescindível, na medida em que nos permitirá entender de que forma poderá ter aplicabilidade no contexto da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0. O Quadro 3.1 apresenta algumas das suas vantagens.

**Quadro 3.1: Vantagens Associadas à Abordagem DEMATEL**

Autor	Vantagens Reconhecidas pelos Autores
<i>Ferreira et al. (2022)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ferramenta de aplicabilidade simples;</li> <li>▪ Capacidade de incluir critérios qualitativos e quantitativos;</li> <li>▪ Assume a interdependência entre as variáveis durante a análise das relações de causa-efeito;</li> <li>▪ As <i>moving averages</i> podem ser facilmente integradas nas matrizes DEMATEL, possibilitando a modelação de efeitos sazonais;</li> <li>▪ Possibilidade de agregação das opiniões dos diferentes especialistas.</li> </ul>
<i>Tzeng et al. (2007)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contribui para a compreensão da problemática específica e para a identificação de soluções através do estabelecimento de uma estrutura hierárquica entre critérios;</li> <li>▪ Evita o <i>overfitting</i> na avaliação/tomada de decisão;</li> <li>▪ Analisa a direção e intensidade das relações diretas e indiretas entre critérios;</li> <li>▪ Contribui para a redução do número de critérios em avaliação;</li> <li>▪ Melhora a eficácia de um fator específico através de variações nos critérios que o influenciam.</li> </ul>
<i>Yazdi et al. (2020)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A técnica DEMATEL ilustra as relações causa-efeito entre critérios;</li> <li>▪ Representa o sistema e relações entre fatores de forma estruturada através do IRM;</li> <li>▪ Contribui para a identificação dos critérios centrais para representar a efetividade dos fatores e mede o seu peso.</li> </ul>
<i>Zhou et al. (2017)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O método contribui para o foco nos critérios mais preponderantes e urgentes na resolução de um problema real – <i>i.e., critical success factors</i>;</li> <li>▪ Promove a compreensão do sistema de uma forma mais abrangente.</li> </ul>

Em conformidade com o *Quadro 3.1*, a técnica DEMATEL possui um conjunto de vantagens que a tornam uma ferramenta com utilidade prática, nomeadamente: (1) a possibilidade de analisar a direção e intensidade das relações diretas e indiretas entre critérios; (2) a capacidade de realização de uma avaliação quantitativa com base em critérios qualitativos inerentes a um fenómeno subjetivo; (3) a disponibilização de uma ferramenta de tomada de decisão de fácil aplicabilidade e posterior apreciação; (4) a contribuição para a identificação e hierarquização dos critérios mais preponderantes, os quais se tornam uma prioridade na resolução do problema; (5) a possibilidade de compreensão das relações entre critérios e, consequentemente, melhoria da eficácia de um fator específico pela influência dos restantes; (6) o facto de assumir a interdependência entre conceitos, o que simplifica a análise; (7) a contribuição para a compreensão do fenómeno em questão com base na visualização do

Diagrama DEMATEL; e (8) a possibilidade de integração de *moving averages* para análise da modelação de efeitos sazonais.

A utilidade do método DEMATEL no apoio à tomada de decisão está, desta forma, demonstrada, na medida em que contribui para a facilidade de análise de um problema complexo através da identificação das relações de causa-efeito verificadas entre os diferentes fatores que envolvem a adaptação das PME's à Sociedade 5.0. Ainda assim, esta técnica não está isenta de limitações, conforme revela o *Quadro 3.2*.

**Quadro 3.2: Limitações Associadas à Abordagem DEMATEL**

Autor	Limitações Reconhecidas pelos Autores
<i>De et al. (2020)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os problemas complexos envolvem inúmeros fatores, algo que poderá tornar a aplicação da técnica limitada devido ao número de relações entre critérios que os decisores devem avaliar, aos múltiplos tipos de influência e à existência de uma hierarquia que divide o sistema em subsistemas.</li> </ul>
<i>Yazdi et al. (2020)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impossibilita a integração da incerteza de critérios mais complexos nos diferentes panoramas;</li> <li>Inabilidade de incorporação da modelação probabilística;</li> <li>Assume a independência temporal das relações de influência.</li> </ul>
<i>Zhou et al. (2017)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subjetividade na avaliação dos especialistas;</li> <li>Imprecisão na avaliação linguística.</li> </ul>

De acordo com o *Quadro 3.2*, o método DEMATEL tem limitações decorrentes dos seguintes aspetos: (1) o número elevado de critérios definidos pelos decisores pode limitar a aplicação da técnica; (2) subjetividade e ambiguidade inerentes às avaliações dos especialistas; (3) imprecisão associada à avaliação linguística realizada pelos especialistas; (4) possibilidade de variação das relações de causa-efeito entre os critérios ao longo do tempo; (5) múltiplos tipos de influência analisados poderão dificultar a avaliação; e (6) inabilidade de incorporação da modelação probabilística.



Segundo Rosenhead e Mingers (2001), os problemas complexos de tomada de decisão são caracterizados pela existência de múltiplos intervenientes e perspectivas, interesses divergentes e intangíveis significantes, tais como incertezas. Nesse sentido, apesar das suas inerentes limitações, o método DEMATEL revela-se uma ferramenta completa, adaptável e apropriada para aplicação do presente estudo.

### **3.2.3. Contributos para a Adaptação das PME's à Sociedade 5.0**

A sociedade, em desenvolvimento constante, assume sucessivas alterações nas necessidades e aspirações das pessoas, em associação com uma progressiva preocupação com aspetos relacionados com a resolução dos desafios globais que vão surgindo. Assim, parece relevante estudar a forma como as empresas – nomeadamente as PME's, por comporem a maioria do tecido empresarial mundial e possuírem um conjunto de constrangimentos adicionais – poderão contribuir para a identificação de soluções para essas questões.

Tendo em consideração a complexidade do fenómeno em análise, resultante da existência de inúmeros fatores interrelacionados, considera-se fundamental obter um modelo que envolva todos os critérios em análise e seja capaz de representar essas mesmas relações de causa-efeito, tal como salientar os critérios preponderantes para a adaptação das PME's à Sociedade 5.0. Tendo já sido aplicada em diversos contextos, a técnica DEMATEL contribuirá para a elaboração de um modelo que represente a temática em análise de uma forma visual e perceptível, de acordo com o consenso de opiniões entre os especialistas, tornando-se possível identificar quais os critérios que mais impactam o sistema como um todo e, assim, elaborar um plano de ação mais informado e robusto.

O método DEMATEL revela-se, deste modo, ajustável à realidade do fenómeno em estudo, podendo representar um instrumento de auxílio à adaptação das PME's à Sociedade 5.0 e coadjuvar a criação de medidas de suporte no contexto abrangido.

### SINOPSE DO CAPÍTULO 3

Neste terceiro capítulo, estabeleceu-se uma descrição da metodologia selecionada para a análise da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, de modo a obter um modelo multicritério capaz de envolver um conjunto de fatores com um grau de subjetividade associado, situação característica de um processo de tomada de decisão (Ferreira *et al.*, 2014). Embora seja possível identificar diferentes vantagens e limitações em cada metodologia MCDA, “*there is no such thing as a superior elicitation methodology and method choice should always be dependent on the decision context*” (Ferreira & Santos, 2016, p. 55). Os métodos baseados nesta abordagem são reconhecidos pela simplicidade de aplicação e facilidade no cálculo de *take-offs* entre os critérios de avaliação, que é o que se pretende na análise de um problema com este nível de complexidade, informação que serviu de suporte à escolha. Neste sentido, a metodologia inclui diversos métodos MCDA, na medida em que a combinação de abordagens estimula novo pensamento causal (Belton & Stewart, 2002). O capítulo estreou-se com uma breve introdução à estruturação de problemas complexos, seguida de uma análise aos métodos que permitem essa estruturação ao longo do processo de tomada de decisão – os PSMs. Posteriormente, foi enfatizada a importância da utilização do mapeamento cognitivo para a estruturação do problema, associado à metodologia *Decision Conferencing*, que será complementada com a lógica neutrosófica. A lógica neutrosófica permitirá incorporar as variáveis inerentes à tomada de decisão (*i.e.*, verdade, incerteza e falsidade), com especial foco na integração da indeterminação nas avaliações dos especialistas. Deste modo, através da utilização do mapeamento cognitivo neutrosófico, será possível obter uma versão estruturada do problema, assim como identificar os critérios a incluir no modelo de apoio à adaptação das PMEs à Sociedade 5.0. Na segunda parte deste capítulo, apresentou-se o método DEMATEL, o qual será aplicado posteriormente ao mapeamento cognitivo em contexto neutrosófico. Esta ferramenta permite a compreensão das relações de causa-efeito entre os diferentes critérios que compõem o modelo, enfatizando os fatores mais preponderantes no sistema através do estabelecimento de um *ranking* (*i.e.*, aqueles que os decisores deverão considerar em primeiro lugar aquando da identificação de medidas a adotar). Por fim, foram expostas as vantagens e as limitações desta técnica, evidenciando o seu contributo para a adaptação das PMEs à Sociedade 5.0. O *Capítulo 4* descreverá a aplicação destas metodologias no presente estudo.

No seguimento do enquadramento realizado, este capítulo tem como principal intuito desenvolver um modelo de análise da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, o qual deverá ultrapassar grande parte das limitações metodológicas anteriormente identificadas. A componente empírica do estudo compreende, assim, a conceção de um mapa cognitivo, correspondente à fase de estruturação, bem como a aplicação do método DEMATEL em contexto neutrosófico na fase de avaliação. Os resultados do estudo serão apresentados e, posteriormente, analisados. Por último, a sessão de consolidação permitirá avaliar a possibilidade de aplicação do modelo num contexto real. Deste modo, a fase empírica da dissertação será composta pelas seguintes etapas: (1) seleção dos especialistas a incorporar o painel; (2) primeira sessão de trabalho, correspondente à fase de estruturação, por videoconferência e com aplicação da técnica dos *post-its*; (3) elaboração do mapa cognitivo de grupo; (4) segunda sessão de trabalho, nos mesmos moldes, com validação do mapa cognitivo e aplicação da técnica DEMATEL em contexto neutrosófico; e (5) agregação dos valores neutrosóficos e construção dos diagramas DEMATEL.

#### 4.1. Elaboração do Mapa Cognitivo de Grupo

Como analisado no *Capítulo 3*, a fase de estruturação do problema é fundamental numa fase inicial do processo adjutório à tomada de decisão, tratando-se do primeiro aspeto a ser analisado no contexto da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0. Deste modo, definiu-se como primeiro objetivo a constituição de um painel de decisores especialistas no ramo, o qual deveria, segundo a literatura, integrar entre 3 e 10 *experts* (Eden & Ackerman, 2001). Deste modo, constituiu-se um grupo de 7 decisores pertencentes a diferentes entidades, com o intuito de assegurar a representação de objetivos e de pontos de vista diferentes (Ferreira, 2011).

Adicionalmente, os especialistas eram provenientes de diferentes regiões de Portugal, sendo um deles residente no Brasil, algo que contribuiu para a diversificação de opiniões e enriquecimento do estudo. Estes decisores são especialistas em diversas matérias que compõem o conceito de Sociedade 5.0, nomeadamente áreas relacionadas com a inovação tecnológica.

Trabalham, maioritariamente, no contexto das PMEs, contribuindo direta ou indiretamente para a sua adaptação à Sociedade 5.0, através da criação de soluções aos desafios da sociedade por via da aplicação de tecnologias emergentes. Ou seja, os decisores possuíam perfis diversificados em termos de idade, género (*i.e.*, 5 homens e 2 mulheres), experiência de trabalho e área de atividade.

Objetivamente, o painel, formado por profissionais disponíveis e interessados em dispor do seu tempo para participar no estudo, foi constituído por: (1) uma gestora de projeto numa PME de desenvolvimento de soluções de *software* especializada em *Big Data* e AI; (2) um co-fundador e CTO de uma PME especializada na viabilização de produtos que envolvem robótica e tecnologia 3D; (3) um co-fundador e CEO de uma PME que funde a biotecnologia com a AI de modo a criar soluções protésicas inovadoras; (4) um fundador e CEO de uma *start-up* que utiliza AI para desenvolver soluções de eficiência energética, com vasta experiência no ramo; (5) um sócio-fundador e CEO de duas PMEs que se baseiam nas tecnologias IoT, 3D e processamento de imagem e dados de alto desempenho para disponibilização de um serviço de patrulhamento em solo, o qual é também membro do Comité Brasileiro de Aeronáutica e Espaço; (6) um co-fundador e CTO numa PME que utiliza AI e *Big Data* para sustentar um sistema de monitorização de dados com foco na eficiência de recursos naturais e industriais (serviço direcionado a empresas); e, de modo a incorporar uma vertente cada vez mais valorizada no contexto atual da temática, (7) uma gestora de projeto do Centro Nacional de Cibersegurança. Por conseguinte, tendo em conta as circunstâncias pandémicas da Covid-19, as sessões de trabalho de grupo foram realizadas por videoconferência, de modo a evitar constrangimentos por parte dos decisores, ajuste que, embora não seja contemplado na literatura, poderá contribuir como forma de inovação na utilização das metodologias.

A primeira fase do processo de formulação do modelo foi a fase de estruturação, que envolveu a comparência dos decisores numa primeira sessão de grupo, a qual teve uma duração aproximada de 4 horas e tinha como principal objetivo obter informação essencial à construção de um mapa cognitivo de grupo. A sessão iniciou-se com o pedido e aprovação da gravação da mesma para fins técnicos, seguida da apresentação dos membros do painel e de um breve esclarecimento relativamente aos principais conceitos associados às metodologias a empenhar. No decorrer da sessão, recorreu-se à plataforma Miro (<http://www.miro.com>) como suporte à aplicação das três fases planeadas, a qual promoveu a apresentação e estruturação das diferentes etapas do processo, tal como a interação síncrona e a distância entre a totalidade dos especialistas.

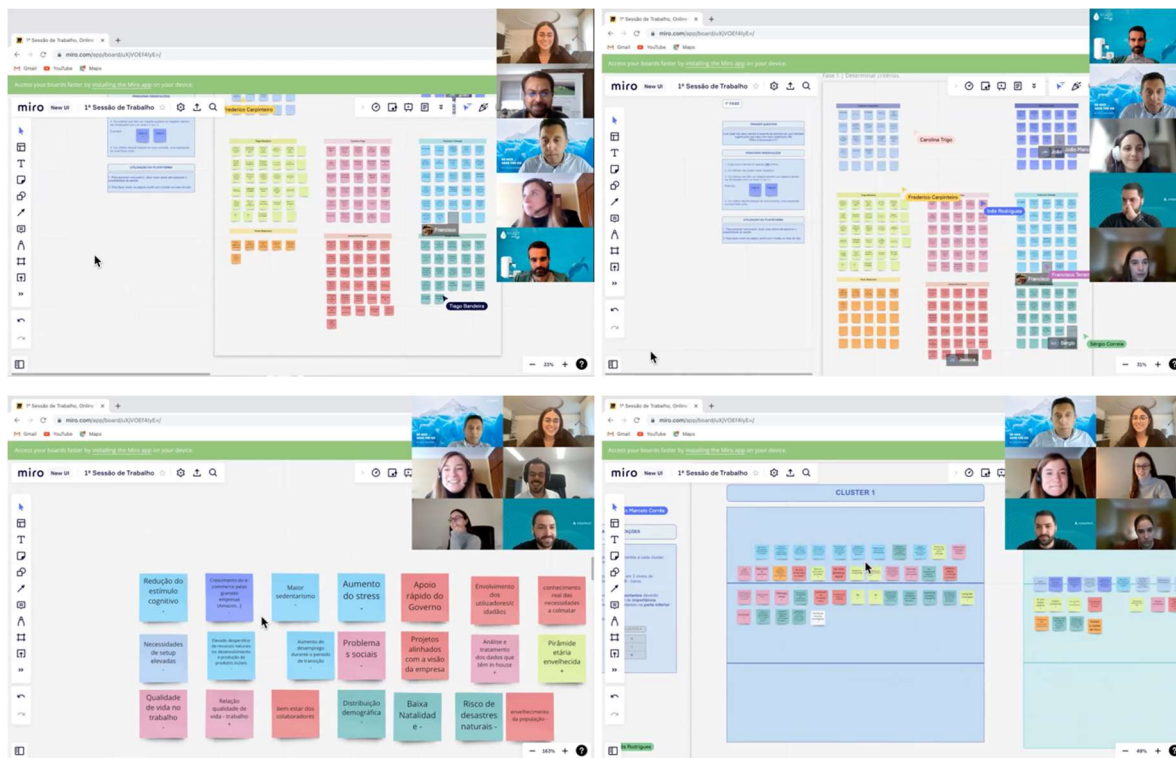
A sessão realizou-se com a orientação de um facilitador (*i.e.*, a autora da dissertação), o qual assumiu um papel de coordenação da sessão no que concerne à dinâmica criada entre decisores, informação das tarefas a desenvolver, esclarecimento de questões relativas à aplicação da metodologia e controle do tempo despendido, revelando uma posição isenta relativamente ao desenvolvimento do modelo. O facilitador confiou ainda a captação de imagens e outros tipos de apoio oportuno a uma assistente técnica.

Após a integração dos decisores, foi lançada a seguinte *trigger question* direcionada ao painel de especialistas: “*Com base nos seus valores e experiência profissional, que medidas sugere para que haja uma maior adaptação das PMEs à Sociedade 5.0?*”, questão que contribuiu para o envolvimento e colaboração entre os participantes. Após a colocação da questão, os decisores foram convidados a partilhar os seus “*beliefs, values and expertise*” relevantes no contexto do problema (Eden & Ackerman, 2004, p. 616), com base na técnica dos *post-its*, a qual resulta da escrita dos efeitos mais relevantes para o sistema em *post-its* (Eden & Ackerman, 2001; Pinto *et al.*, 2021). Desta forma, foram distribuídos *post-its* digitais aos especialistas, na plataforma Miro, dando-lhes a missão de discutir e escrever os fatores/variáveis que mais se adequassem à *trigger question*. Em cada *post-it*, deveria constar apenas um fator, ao qual deveria estar associado um sinal positivo (+) ou negativo (–) de acordo com o tipo de influência que essa variável tivesse no sistema/temática. Segundo Eden e Ackermann (2001), é a riqueza de um mapa que fornece oportunidades para o desenvolvimento de hipóteses e resolução do problema em análise. Posto isto, o critério seguido para o número de fatores identificados foi o seguinte: “*repeat the process until no more criteria are to be considered*” (Ferreira, Santos, Rodrigues, & Spahr, 2014, p. 11).

Na sequência da identificação de um número significativo de fatores (*i.e.*, cerca de 180 critérios, neste caso), aprovados por todos os membros do painel, seguiu-se a segunda fase da sessão de trabalho, que deu lugar à alocação dos *post-its* em *clusters*, de acordo com as características mais expressivas dos critérios. Numa fase posterior, foram removidas quaisquer notas que repetissem critérios, tendo em conta que a aglomeração por *clusters* incentivou “*additional discussion on their [i.e., criteria] significance*” (Ferreira, Spahr, & Sunderman, 2016, p. 357). Por conseguinte, resultaram seis *clusters*, nomeadamente: (1) *Fatores Tecnológicos*; (2) *Fatores Económico-Financeiros*; (3) *Transmissão e Gestão de Conhecimento*; (4) *Ecossistema Interno e Externo das PMEs*; (5) *Fatores Sociais*; e (6) *Fatores Ambientais*.

Por fim, a última fase da sessão pautou-se pela avaliação interna dos *clusters*, através da hierarquização dos critérios pertencentes a cada um dos mesmos, por três níveis de

importância (*i.e.*, mais importantes no topo, medianamente importantes no meio e menos importantes na parte inferior). As diferentes fases da primeira sessão de grupo são, em parte, ilustradas na *Figura 4.1*.



**Figura 4.1: Fase de Estruturação – Primeira Sessão de Trabalho em Grupo**

Os *inputs* obtidos nesta primeira sessão possibilitaram a elaboração de um mapa cognitivo de grupo, com base na utilização do *software Decision Explorer* (<http://www.banxia.com>), o qual permitiu aos decisores ter uma visão mais abrangente do sistema (*i.e.*, da problemática da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0) (Eden & Ackerman, 2004).

Numa segunda sessão, o mapa cognitivo elaborado com base nos critérios definidos, agrupados pelos respetivos *clusters*, foi apresentado ao painel de especialistas, os quais tiveram a oportunidade de observar em detalhe, produzir opiniões ou apresentar sugestões de adaptação ao *output* (Ferreira, 2011). Como tal, a *Figura 4.2* apresenta o mapa cognitivo validado pelos decisores nesta sessão.

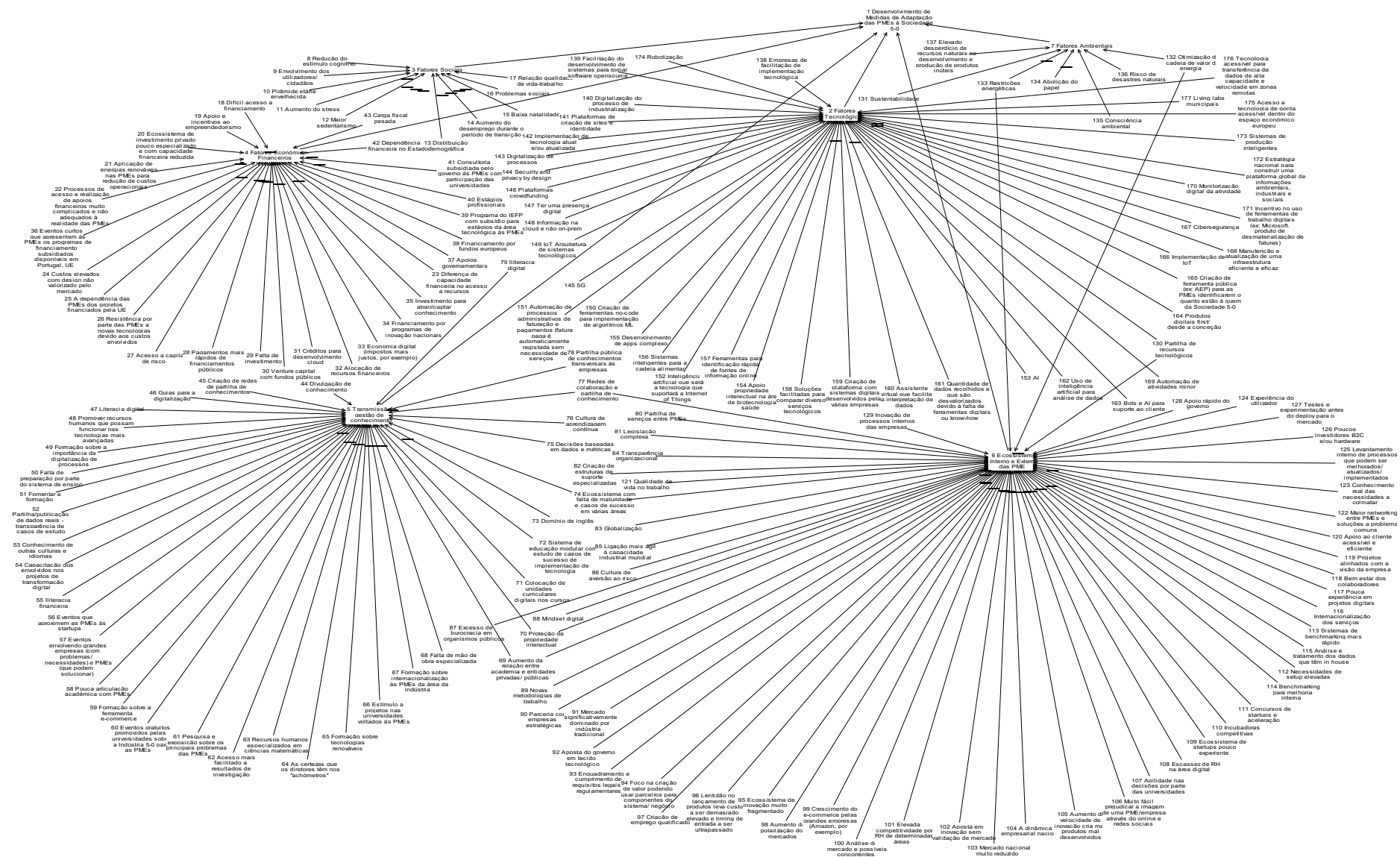


Figura 4.2: Mapa Cognitivo de Grupo

Considera-se, deste modo, relevante enfatizar alguns aspetos importantes a considerar aquando da interpretação do mapa cognitivo de grupo, nomeadamente: (1) as setas representam relações de causalidade; (2) o fator presente na parte superior do mapa, tratando-se da temática em análise, é influenciado por cada um dos seis *clusters*; (3) observa-se um conjunto de critérios (embora em escasso número) que pertencem a mais do que um *cluster*, segundo o entendimento conjunto dos decisores; e (4) os sinais negativos, associados a algumas das setas, representam as variáveis que têm um impacto negativo na adaptação das PMEs à Sociedade 5.0. Este mapa representa, assim, o conhecimento e a experiência dos especialistas de forma organizada e estruturada. No seguimento da validação do mapa cognitivo, foi então possível aplicar o método DEMATEL em ambiente neutrosófico, analisado no ponto seguinte.

#### 4.2. Aplicação da Técnica DEMATEL em Ambiente Neutrosófico

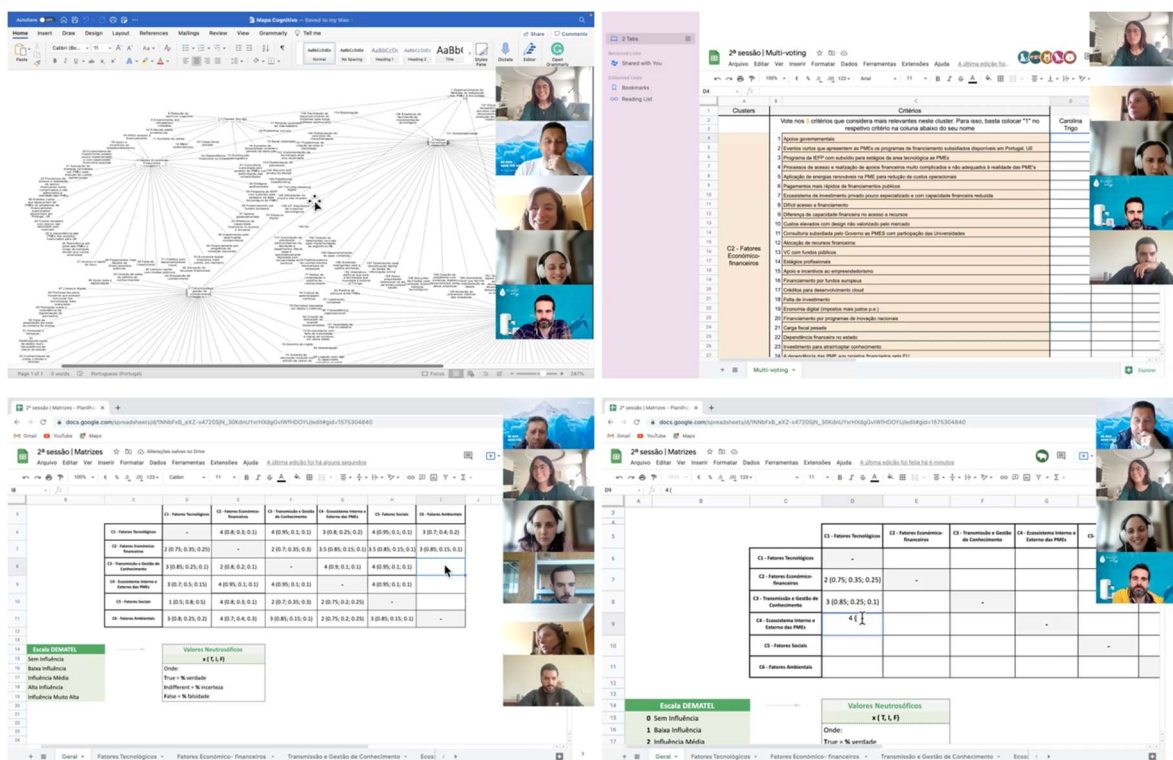
Decorrida a fase de estruturação do fenómeno em análise, que possibilitou a definição dos critérios a incluir no modelo segundo a opinião dos diferentes especialistas, seguiu-se a segunda sessão de trabalho, que adota uma abordagem quantitativa ao estudo, iniciando-se a fase de avaliação. Nesta sessão, puderam estar presentes seis dos sete especialistas iniciais sem, contudo, comprometer os resultados, na medida em que o número mínimo de decisores definido na literatura foi assegurado (Eden & Ackerman, 2001).

De início, foi feito um breve enquadramento ao método DEMATEL, tal como à lógica neutrosófica. De acordo com Karasan, Ilbahar, Cebi e Kahraman (2022), a técnica “*DEMATEL is extended with neutrosophic sets to increase ability to reflect the data set in the calculations*”, já que as avaliações assumem um grau de incerta e/ou indeterminação, enfatizando-se a importância da combinação das abordagens. Deste modo, com base na técnica DEMATEL, a qual permite a análise das relações de causalidade entre os critérios, a segunda sessão teve como intuito o preenchimento de sete matrizes de influência, seis das mesmas correspondentes às relações estabelecidas intra-*clusters* e uma outra referente à relação entre os *clusters*. Posto isto, foi utilizada a escala DEMATEL de 0 a 4 (*i.e.*, sendo 0 = “sem influência” e 4 = “influência muito elevada”), de modo a que os especialistas indicassem o grau de influência entre critérios e *clusters* e, simultaneamente, aplicada a lógica neutrosófica, sendo solicitado aos decisores que exteriorizassem uma probabilidade (definida em percentagem), da avaliação ser verdadeira (*T*), indeterminada (*I*) e falsa (*F*). A cada célula das matrizes foi atribuído um valor  $x$  (*T*, *I*, *F*),



tendo em conta que a soma dos valores neutrosóficos não teria de totalizar 100%, possibilitando aos especialistas evidenciar as suas opiniões de forma mais fidedigna e realista.

Numa fase anterior ao preenchimento de todas as matrizes de influência, recorreu-se a técnicas nominais de grupo e de *multi-voting*, de forma a seleccionar os critérios a incluir nestas matrizes, tendo em conta os inúmeros critérios pertencentes a cada *cluster*. As metodologias de natureza construtivista, aplicadas na componente empírica deste estudo, refletem o envolvimento, debate e interação presente ao longo das sessões, que originou um processo de aprendizagem constante devido à diversidade de experiências e conhecimentos de cada um dos intervenientes. A *Figura 4.3* ilustra a etapa de preenchimento de matrizes, no decorrer da segunda sessão de grupo.



**Figura 4.3: Fase de Avaliação – Segunda Sessão de Trabalho em Grupo**

Concluída a segunda sessão, procedeu-se à crispificação dos valores neutrosóficos. Ou seja, à agregação dos mesmos, com vista à obtenção dos primeiros dados necessários à aplicação do método DEMATEL. Estes valores foram apurados com recurso às fórmulas de crispificação (1) e (2) (ver *Capítulo 3*), das quais foi seleccionada a que melhor representava a fidelidade dos resultados e tendo sido possível atribuir um valor mais adequado ao verdadeiro entendimento dos especialistas relativamente a cada relação causa-efeito. Assim, no caso de

uma célula da matriz de influência ser representada por  $x$  (1, 0, 0), o valor DEMATEL final deverá corresponder a  $x$ , uma vez que o grau de verdade corresponde a 100% e os graus de indeterminação e falsidade correspondem a 0%. Os valores crispificados foram então utilizados no preenchimento das matrizes DEMATEL iniciais.

Numa fase seguinte, considerando os *clusters* resultantes da primeira sessão (*Quadro 4.1*), os decisores preencheram a matriz correspondente ao *Quadro 4.2*, a qual inclui os valores neutrosóficos atribuídos pelo painel de especialistas na segunda sessão de trabalho e que foram, posteriormente, crispificados.

**Quadro 4.1: Identificação dos *Clusters* resultantes da Primeira Sessão**

CLUSTERS	
<b>C1</b>	Fatores Tecnológicos
<b>C2</b>	Fatores Económico-financeiros
<b>C3</b>	Transmissão e Gestão de Conhecimento
<b>C4</b>	Ecossistema Interno e Externo das PME's
<b>C5</b>	Fatores Sociais
<b>C6</b>	Fatores Ambientais

**Quadro 4.2: Matriz Inter-*Clusters* com Valores Neutrosóficos**

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>
<b>C1</b>	-	4 (0.8; 0.3; 0.1)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	3 (0.8; 0.25; 0.2)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	3 (0.7; 0.4; 0.2)
<b>C2</b>	2 (0.75; 0.35; 0.25)	-	2 (0.7; 0.35; 0.3)	3.5 (0.85; 0.15; 0.1)	3.5 (0.85; 0.15; 0.1)	3 (0.85; 0.15; 0.1)
<b>C3</b>	3 (0.85; 0.25; 0.1)	2 (0.8; 0.2; 0.1)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	1 (0.95; 0.1; 0.1)
<b>C4</b>	3 (0.7; 0.5; 0.15)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	-	4 (0.95; 0.1; 0.1)	2 (0.7; 0.35; 0.3)
<b>C5</b>	1 (0.5; 0.8; 0.5)	4 (0.8; 0.3; 0.1)	2 (0.7; 0.35; 0.3)	2 (0.75; 0.2; 0.25)	-	2 (0.7; 0.35; 0.3)
<b>C6</b>	3 (0.8; 0.25; 0.2)	4 (0.7; 0.4; 0.3)	3 (0.85; 0.15; 0.1)	2 (0.75; 0.2; 0.25)	3 (0.85; 0.15; 0.1)	-

**Quadro 4.3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos Inter-Clusters**

Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ GERAL – Inter-Clusters	C1-C2	4.0	0.80	0.30	0.78398	0.03300	3.14
	C1-C3	4.0	0.95	0.10	0.91340	0.03844	3.65
	C1-C4	3.0	0.80	0.25	0.78206	0.03292	2.35
	C1-C5	4.0	0.95	0.10	0.91340	0.03844	3.65
	C1-C6	3.0	0.70	0.40	0.68909	0.02900	2.07
	C2-C1	2.0	0.75	0.35	0.71277	0.03000	1.43
	C2-C3	2.0	0.70	0.35	0.68246	0.02872	1.36
	C2-C4	3.5	0.85	0.15	0.86460	0.03639	3.03
	C2-C5	3.5	0.85	0.15	0.86460	0.03639	3.03
	C2-C6	3.0	0.85	0.15	0.86460	0.03639	2.59
	C3-C1	3.0	0.85	0.25	0.82205	0.03460	2.47
	C3-C2	2.0	0.80	0.20	0.82679	0.03480	1.65
	C3-C4	4.0	0.90	0.10	0.90000	0.03788	3.60
	C3-C5	4.0	0.95	0.10	0.91340	0.03844	3.65
	C3-C6	1.0	0.95	0.10	0.91340	0.03844	0.91
	C4-C1	3.0	0.70	0.50	0.65239	0.02746	1.96
	C4-C2	4.0	0.95	0.10	0.91340	0.03844	3.65
	C4-C3	4.0	0.95	0.10	0.91340	0.03844	3.65
	C4-C5	4.0	0.95	0.10	0.91340	0.03844	3.65
	C4-C6	2.0	0.70	0.35	0.68246	0.02872	1.36
	C5-C1	1.0	0.50	0.80	0.38356	0.01614	0.38
	C5-C2	4.0	0.80	0.30	0.78398	0.03300	3.14
	C5-C3	2.0	0.70	0.35	0.68246	0.02872	1.36
	C5-C4	2.0	0.75	0.20	0.76548	0.03222	1.53
	C5-C6	2.0	0.70	0.35	0.68246	0.02872	1.36
	C6-C1	3.0	0.80	0.25	0.78206	0.03292	2.35
	C6-C2	4.0	0.70	0.40	0.66335	0.02792	2.65
	C6-C3	3.0	0.85	0.15	0.86460	0.03639	2.59
	C6-C4	2.0	0.75	0.20	0.76548	0.03222	1.53
	C6-C5	3.0	0.85	0.15	0.86460	0.03639	2.59
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	23.7596	1	

Seguiu-se o preenchimento da matriz inicial de influência direta (*Quadro 4.4*), a qual inclui os valores finais crispificados e a aplicação dos passos 2 a 6 previstos na descrição do método DEMATEL (ver *Secção 3.2.1*).

**Quadro 4.4: Matriz Inicial de Influência Direta Inter-Clusters**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	SUM
C1	0.0	3.1	3.7	2.3	3.7	2.1	14.9
C2	1.4	0.0	1.4	3.0	3.0	2.6	11.4
C3	2.5	1.7	0.0	3.6	3.7	0.9	12.3
C4	2.0	3.7	3.7	0.0	3.7	1.4	14.3
C5	0.4	3.1	1.4	1.5	0.0	1.4	7.8
C6	2.3	2.7	2.6	1.5	2.6	0.0	11.7
SUM	8.6	14.2	12.6	12.0	16.6	8.3	

Os cálculos intermédios correspondentes à utilização das fórmulas (4) e (5) evidenciadas no *Capítulo 3*, refletem-se no *Quadro 4.5*, os quais foram necessários à normalização da matriz de influência direta inicial (*Passo 2*) refletida no *Quadro 4.6*.

**Quadro 4.5: Cálculos Intermédios**

Max.	16.6	14.9
1/max.	0.060311	0.067311
1/s	0.060311	

**Quadro 4.6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Inter-Clusters**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0.0000	0.1891	0.2204	0.1415	0.2204	0.1247
C2	0.0860	0.0000	0.0823	0.1825	0.1825	0.1564
C3	0.1487	0.0997	0.0000	0.2171	0.2204	0.0551
C4	0.1180	0.2204	0.2204	0.0000	0.2204	0.0823
C5	0.0231	0.1891	0.0823	0.0923	0.0000	0.0823
C6	0.1415	0.1600	0.1564	0.0923	0.1564	0.0000

As matrizes  $I$ ,  $I-X$  e  $(I-X)^{-1}$ , evidenciadas no *Quadro 4.7*, serviram de suporte à formação da matriz de influência total  $T$ , também presente nesse quadro, o qual se obteve a partir da expressão (6) (ver *Capítulo 3*). A matriz de relação-total  $T$  é preponderante

para o entendimento das relações que se estabelecem entre os *clusters*, sendo que se enfatiza os somatórios em linha (*i.e.*, coluna R) e em coluna (*i.e.*, linha C), coincidentes com o *Passo 4* da aplicação da técnica.

**Quadro 4.7: Matriz T e Cálculos Intermédios Correspondentes – Inter-Clusters**

**I**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C2	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C3	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C4	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
C5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
C6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-X**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1.0000	-0.1891	-0.2204	-0.1415	-0.2204	-0.1247
C2	-0.0860	1.0000	-0.0823	-0.1825	-0.1825	-0.1564
C3	-0.1487	-0.0997	1.0000	-0.2171	-0.2204	-0.0551
C4	-0.1180	-0.2204	-0.2204	1.0000	-0.2204	-0.0823
C5	-0.0231	-0.1891	-0.0823	-0.0923	1.0000	-0.0823
C6	-0.1415	-0.1600	-0.1564	-0.0923	-0.1564	1.0000

**(I-X)<sup>-1</sup>**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1.2622	0.5940	0.5533	0.5047	0.6788	0.3782
C2	0.2869	1.3500	0.3733	0.4507	0.5458	0.3495
C3	0.3503	0.4694	1.3212	0.5043	0.6092	0.2816
C4	0.3554	0.6005	0.5359	1.3681	0.6598	0.3347
C5	0.1730	0.4037	0.2777	0.2973	1.2744	0.2294
C6	0.3392	0.4921	0.4376	0.3953	0.5390	1.2203

**Matriz T**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	R
C1	0.2622	0.5940	0.5533	0.5047	0.6788	0.3782	2.9713
C2	0.2869	0.3500	0.3733	0.4507	0.5458	0.3495	2.3562
C3	0.3503	0.4694	0.3212	0.5043	0.6092	0.2816	2.5360
C4	0.3554	0.6005	0.5359	0.3681	0.6598	0.3347	2.8544
C5	0.1730	0.4037	0.2777	0.2973	0.2744	0.2294	1.6554
C6	0.3392	0.4921	0.4376	0.3953	0.5390	0.2203	2.4235
C	1.7670	2.9097	2.4989	2.5204	3.3070	1.7937	

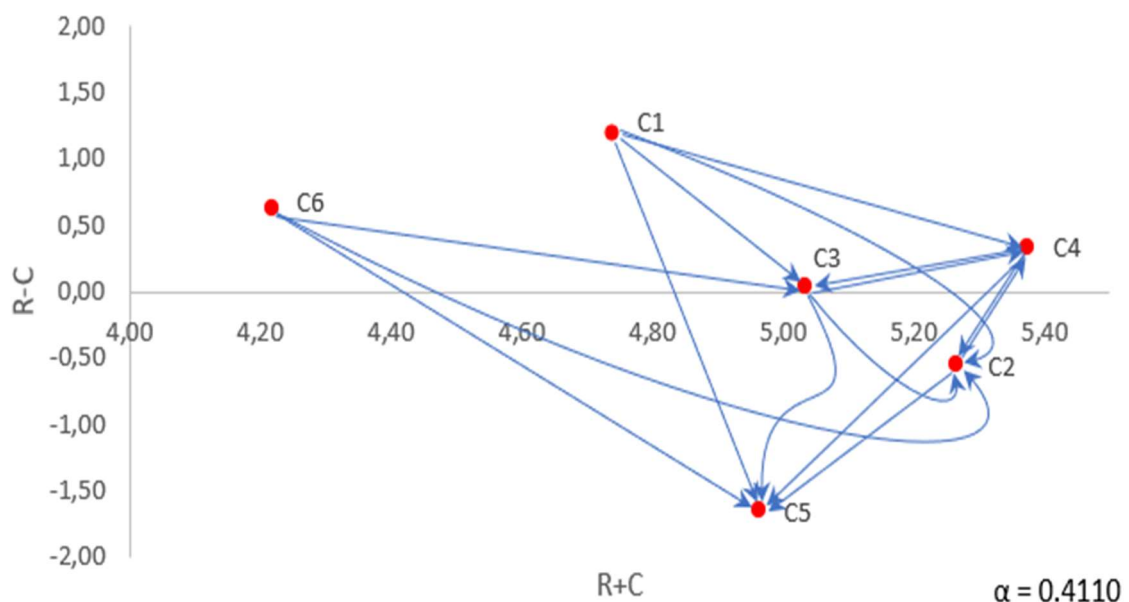
A coluna R representa a influência total que determinado fator tem nos restantes, sendo de realçar que o C1 – *Fatores Tecnológicos* tem uma influência de 2.9713 sobre os restantes *clusters*. Por outro lado, surge a linha C, a qual traduz o total de influência que os restantes *clusters* em avaliação têm sobre um determinado *cluster*, sendo importante salientar o *cluster* que mais efeitos recebe por parte dos demais (*i.e.*, C5 – *Fatores Sociais*, que assume o valor 3.3070).

Nesta etapa, define-se o valor limite ( $\alpha$ ), que resulta da média dos valores da matriz *T* (ver fórmula (9)). O  $\alpha$ , neste caso igual a 0.4110, permite compreender as relações de maior influência, tal como os valores mais relevantes no contexto do estudo, que correspondem às células de cor verde na matriz *T* do *Quadro 4.7*. A relevância da mesma refletir-se-á na construção do diagrama DEMATEL de relações de causa-efeito (*i.e.*, IRM). Adicionalmente, deverá considerar-se os valores da soma e da subtração das variáveis R e C, os quais estão evidenciados no *Quadro 4.8*. O IRM, presente na *Figura 4.5*, revela a distribuição dos seis *clusters* pelos eixos correspondentes, tal como as relações de causalidade estabelecidas.

**Quadro 4.8: Interações Inter-Clusters**

	R	C	R+C	R-C
C1	2.9713	1.7670	4.7383	1.2042
C2	2.3562	2.9097	5.2658	-0.5535
C3	2.5360	2.4989	5.0348	0.0371
C4	2.8544	2.5204	5.3748	0.3340
C5	1.6554	3.3070	4.9624	-1.6516
C6	2.4235	1.7937	4.2172	0.6298

Tendo em consideração que  $(R+C)$  representa o total de efeitos dados e recebidos pelo respetivo *cluster*, é possível afirmar que a ordem de importância dos *clusters* é apresentada pelo eixo horizontal (*i.e.*,  $R+C$ ), sendo que um valor mais elevado neste eixo significa que tem um maior impacto no modelo final. Neste contexto, o C4 trata-se do *cluster* mais importante para o estudo, enquanto o *cluster* C6 corresponde ao menos relevante, com um valor de  $(R+C)$  de 4.2172. Analisando  $(R-C)$ , o qual revela o grau de influência do *cluster* no sistema relativamente aos demais critérios, pode subdividir-se os critérios em: (1) grupo das causas, no caso de  $R-C > 0$ ; ou (2) grupo dos efeitos, se  $R-C < 0$ , através da posição em que os critérios se encontram relativamente ao eixo vertical do diagrama. Nesta conjuntura, a maioria dos *clusters* pertence ao grupo das causas, visto possuir um valor de  $(R-C)$  positivo e, assim, influenciando diretamente os demais *clusters*, excetuando C2 e C5 (*i.e.*, *Fatores Económico-Financeiros* e *Fatores Sociais*), que são fatores recetores e que, como o nome indica, são influenciados pelos outros fatores e têm uma relação fraca com os mesmos. Da observação da *Figura 4.4* (*Passo 6*), compreende-se a relevância de cada um dos *clusters* (*i.e.*,  $C4 > C2 > C3 > C5 > C1 > C6$ ), mas também o seguinte: (1) C4 é *core factor* (QI); (2) C3, C1 e C6 são *driving factors* (QII); e (3) C2 e C5 são *impact factors* (QIV), conforme a sua posição no diagrama.



**Figura 4.4: Mapa de Influência Inter-Clusters**

De seguida, procedeu-se à análise de cada um dos *clusters* em particular, seguindo o mesmo processo utilizado para a análise da primeira matriz de relação entre *clusters*.

Deste modo, foram estudados os subcritérios (SC) selecionados pelos decisores em cada *cluster*, sendo que se optou pela exibição das respectivas matrizes com valores neutrosóficos, tal como das matrizes iniciais com valores crispificados, das tabelas de interações entre critérios (*i.e.*, R+C e R–C) e dos diagramas DEMATEL, de modo a facilitar a compreensão (ver restantes matrizes e tabelas em *Apêndice*). Importa salientar que as matrizes DEMATEL de influência direta inicial dos *clusters* a nível individual já incluem os valores neutrosóficos agregados (ver *Apêndices A1, B1, C1, D1, E1 e F1*), sendo possível originar uma matriz *T* e o diagrama DEMATEL final com valores mais próximos da realidade.

Iniciando a análise intra-*cluster* pelo *cluster 1 – Fatores Tecnológicos*, denota-se os critérios mais importantes pela visualização do *Quadro 4.9*. O *Quadro 4.10* mostra os valores neutrosóficos atribuídos na segunda sessão, os quais foram posteriormente crispificados (ver *Quadro A1* em *Apêndice*).

**Quadro 4.9: Identificação dos Critérios Elegidos para Avaliação – Cluster 1**

Critérios Selecionados	
<b>SC142</b>	Implementação de tecnologia atual e/ou atualizada
<b>SC162</b>	Uso de inteligência artificial para análise de dados
<b>SC143</b>	Digitalização de processos
<b>SC167</b>	Cibersegurança
<b>SC168</b>	Manutenção e atualização de uma infraestrutura eficiente e eficaz
<b>SC153</b>	AI
<b>SC161</b>	Quantidade de dados recolhidos e que são desvalorizados devido à falta de ferramentas digitais ou know-how

**Quadro 4.10: Matriz com Valores Neutrosóficos – Cluster 1**

	<b>SC142</b>	<b>SC162</b>	<b>SC143</b>	<b>SC167</b>	<b>SC168</b>	<b>SC153</b>	<b>SC161</b>
<b>SC142</b>	-	2 (0.75; 0.2; 0.1)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	3 (0.95; 0.1; 0.1)	2 (0.95; 0.2; 0.1)	2 (0.75; 0.2; 0.1)	2 (0.75; 0.2; 0.1)
<b>SC162</b>	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-	4 (0.95; 0.1; 0.1)	2 (0.95; 0.2; 0.1)	2 (0.95; 0.2; 0.1)	4 (1; 0; 0)	4 (0.75; 0.3; 0.1)
<b>SC143</b>	3 (0.8; 0.2; 0.1)	2 (0.75; 0.2; 0.3)	-	4 (0.95; 0.1; 0.1)	3 (0.95; 0.2; 0.1)	2 (0.75; 0.2; 0.3)	1 (0.75; 0.3; 0.2)
<b>SC167</b>	4 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.75; 0.3; 0.2)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	-	3 (0.95; 0.2; 0.1)	1 (0.75; 0.3; 0.2)	1 (0.75; 0.3; 0.2)
<b>SC168</b>	4 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.75; 0.3; 0.1)	3 (0.95; 0.1; 0.1)	3 (0.95; 0.1; 0.1)	-	4 (0.75; 0.3; 0.1)	3 (0.8; 0.2; 0.1)
<b>SC153</b>	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (1; 0; 0)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	3 (0.75; 0.2; 0.2)	2 (0.95; 0.2; 0.1)	-	4 (0.75; 0.3; 0.1)
<b>SC161</b>	3 (0.8; 0.2; 0.1)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	1 (0.8; 0.2; 0.2)	3 (0.95; 0.2; 0.1)	4 (0.95; 0.1; 0.1)	-



Esta fase deu origem à matriz inicial de influência direta com valores crispificados, ilustrada no *Quadro 4.11*. Realizados os cálculos intermédios (ver *Quadros A2 a A5* em *Apêndice*), obteve-se o *Quadro 4.12*, o qual demonstra que o critério com maior influência nos demais é a *AI* (*i.e.*, SC153), com um valor de R (*i.e.*, influência total) de 3.0429. Por outro lado, o SC143 (*i.e.*, *digitalização de processos*) é o critério mais influenciado pelos restantes, assumindo um valor de C = 3.4199.

**Quadro 4.11: Matriz Inicial com Valores Crispificados – Cluster 1**

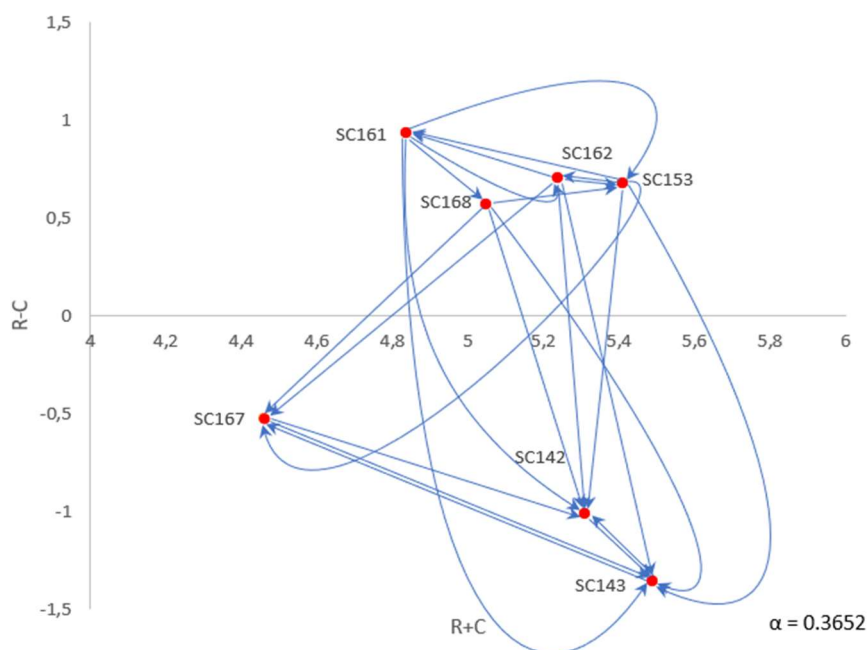
	SC142	SC162	SC143	SC167	SC168	SC153	SC161	SUM
SC142	0.0	1.6	3.7	2.7	1.7	1.6	1.6	13.0
SC162	3.6	0.0	3.7	1.7	1.7	4.0	3.1	17.8
SC143	2.5	1.5	0.0	3.7	2.6	1.5	0.7	12.5
SC167	3.6	0.7	3.7	0.0	2.6	0.7	0.7	12.1
SC168	3.6	2.3	2.7	2.7	0.0	3.1	2.5	16.9
SC153	3.6	4.0	3.7	2.3	1.7	0.0	3.1	18.4
SC161	2.5	3.7	3.7	0.8	2.6	3.7	0.0	16.8
SUM	19.4	13.8	21.0	14.0	13.0	14.6	11.7	

**Quadro 4.12: Interações entre os Subcritérios – Cluster 1**

	R	C	R+C	R-C
SC142	2.1489	3.1601	5.3090	-1.0112
SC162	2.9704	2.2666	5.2370	0.7038
SC143	2.0679	3.4199	5.4878	-1.3520
SC167	1.9683	2.4918	4.4600	-0.5235
SC168	2.8112	2.2376	5.0488	0.5735
SC153	3.0429	2.3660	5.4088	0.6769
SC161	2.8842	1.9518	4.8360	0.9325

Pela observação da *Figura 4.5* (*i.e.*, IRM), apura-se que a hierarquização dos subcritérios pertencentes ao C1 é a seguinte: SC143 > SC153 > SC142 > SC162 > SC168 > SC161 > SC167, assumindo SC143 (*i.e.*, *digitalização de processos*) o papel de critério mais significativo, com um valor de (R+C) de 5.4878. Assim, os critérios pertencentes ao grupo das causas, demonstrando, portanto, um (R-C) positivo e influenciando mais do que são influenciados, são: SC162, SC168, SC153 e SC161. Por sua vez, SC142, SC143 e SC167 (*i.e.*, os fatores posicionados na parte inferior do diagrama) correspondem ao

grupo dos efeitos, tratando-se de fatores recetores de influência pelos demais. Finalmente, considera-se relevante salientar a separação dos critérios por quartis: (1) SC153 e SC162 são *core factors* (QI); (2) SC168 e SC161 são *driving factors* (QII); (3) SC167 é um *independent factor* (QIII); e (4) SC142 e SC143 consideram-se *impact factors* (QIV).



**Figura 4.5: Mapa de Influência Cluster 1**

Relativamente ao cluster C2 (i.e., *Fatores Económico-Financeiros*), os critérios seleccionados compõem o *Quadro 4.13*. De modo a estudar este *cluster*, preencheu-se a matriz neutrosófica (*Quadro 4.14*), a qual foi utilizada como suporte à elaboração da matriz inicial de influência direta (*Quadro 4.15*). A crispificação dos valores consta no *Quadro B1* em *Apêndice*.

**Quadro 4.13: Identificação dos Critérios Elegidos para Avaliação – Cluster 2**

Critérios Seleccionados	
SC20	Ecosistema de investimento privado pouco especializado e com capacidade financeira reduzida
SC23	Diferença de capacidade financeira no acesso a recursos
SC33	Economia digital (impostos mais justos p.e.)
SC43	Carga fiscal pesada
SC35	Investimento para atrair/captar conhecimento

**Quadro 4.14: Matriz com Valores Neutrosóficos – Cluster 2**

	SC20	SC23	SC33	SC43	SC35
SC20	-	2,5 (0.8; 0.2; 0.2)	3 (0.8; 0.2; 0.2)	4 (0.9; 0.2; 0.1)	4 (0.9; 0.2; 0.1)
SC23	3 (0.95; 0.1; 0.1)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.2; 0.1)	4 (0.9; 0.2; 0.1)
SC33	1 (0.95; 0.1; 0.1)	1 (0.95; 0.1; 0.1)	-	4 (0.9; 0.2; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)
SC43	1 (0.95; 0.1; 0.1)	1 (0.95; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-	1 (0.9; 0.1; 0.1)
SC35	4 (0.95; 0.1; 0.1)	3 (0.95; 0.1; 0.1)	3 (0.8; 0.2; 0.2)	4 (0.9; 0.2; 0.1)	-

**Quadro 4.15: Matriz Inicial com Valores Crispificados – Cluster 2**

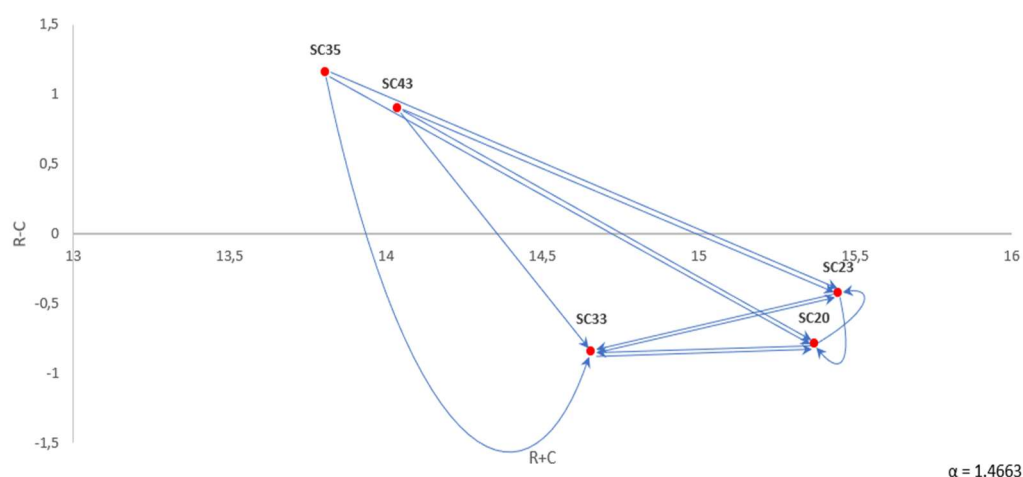
	SC20	SC23	SC33	SC43	SC35	SUM
SC20	0.0	3.2	2.9	2.1	2.9	11.0
SC23	2.7	0.0	2.9	3.6	2.2	11.4
SC33	3.0	3.4	0.0	2.1	1.7	10.3
SC43	3.4	2.0	3.6	0.0	2.4	11.4
SC35	3.4	3.6	2.5	1.8	0.0	11.3
SUM	12.6	12.1	11.9	9.6	9.3	

Considerando os cálculos intermédios e as matrizes correspondentes (ver *Quadros B2 a B5 em Apêndice*), obteve-se o *Quadro 4.16*. Da análise resulta que o fator SC23 (*i.e.*, *diferença de capacidade financeira no acesso a recursos*) é o fator que mais influencia os restantes ( $R = 7.5111$ ), tratando-se simultaneamente do critério com o ( $R+C$ ) mais elevado (*i.e.*, o critério mais importante), com o valor 15.4464. Contrariamente, o fator menos importante é o SC35 (*i.e.*, *investimento para atrair/captar conhecimento*), com um ( $R+C$ ) de 13,8064. Colocando os fatores por ordem hierárquica, obtemos a seguinte ordenação:  $SC23 > SC20 > SC33 > SC43 > SC35$ .

Neste *cluster*, a maioria dos critérios pertencem ao grupo dos efeitos, com ( $R-C$ ) negativo, sendo que SC43 (*i.e.*, *carga fiscal pesada*) e SC35 compõem o grupo das causas, influenciando os restantes. Considerando o posicionamento dos critérios no diagrama da *Figura 4.6*, conclui-se que: (1) não existe *core factors*; (2) SC35 e SC43 são considerados *driving factors* (QII); e (3) SC20, SC23 e SC33 são *impact factors* (QIV).

**Quadro 4.16: Interações entre Subcritérios – Cluster 2**

	R	C	R+C	R-C
SC20	7.2904	8.0781	15.3685	-0.7877
SC23	7.5111	7.9353	15.4464	-0.4242
SC33	6.9055	7.7517	14.6572	-0.8462
SC43	7.4680	6.5691	14.0371	0.8989
SC35	7.4828	6.3237	13.8064	1.1591



**Figura 4.6: Mapa de Influência ou Diagrama DEMATEL – Cluster 2**

A terceira análise intra-cluster, corresponde ao cluster *Transmissão e Gestão de Conhecimento* (i.e., C3). A matriz neutrosófica (Quadro 4.18) permite-nos chegar ao Quadro 4.19, o qual ilustra os níveis iniciais de influência direta crispificados que se estabelecem entre os diferentes fatores por via de cálculos intermédios (ver Quadro C1 em Apêndice).

**Quadro 4.17: Identificação dos Critérios Elegidos para Avaliação – Cluster 3**

Critérios Selecionados	
SC74	Ecosistema com falta de maturidade e casos de sucesso em várias áreas
SC47	Literacia digital
SC72	Sistema de educação modular com estudo de casos de sucesso de implementação de tecnologia
SC68	Falta de mão de obra especializada
SC49	Formação sobre importância da digitalização de processos

**Quadro 4.18: Matriz com Valores Neutrosóficos – Cluster 3**

	SC74	SC47	SC72	SC68	SC49
SC74	-	3 (0.85; 0.15; 0.15)	3.5 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.85; 0.15; 0.15)	3 (0.85; 0.15; 0.15)
SC47	3 (0.85; 0.15; 0.15)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.80; 0.1; 0.1)
SC72	2 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.85; 0.15; 0.15)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.80; 0.1; 0.1)
SC68	2 (0.9; 0.3; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-	3 (0.85; 0.15; 0.15)
SC49	3 (0.85; 0.15; 0.15)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-

**Quadro 4.19: Matriz Inicial com Valores Crispificados – Cluster 3**

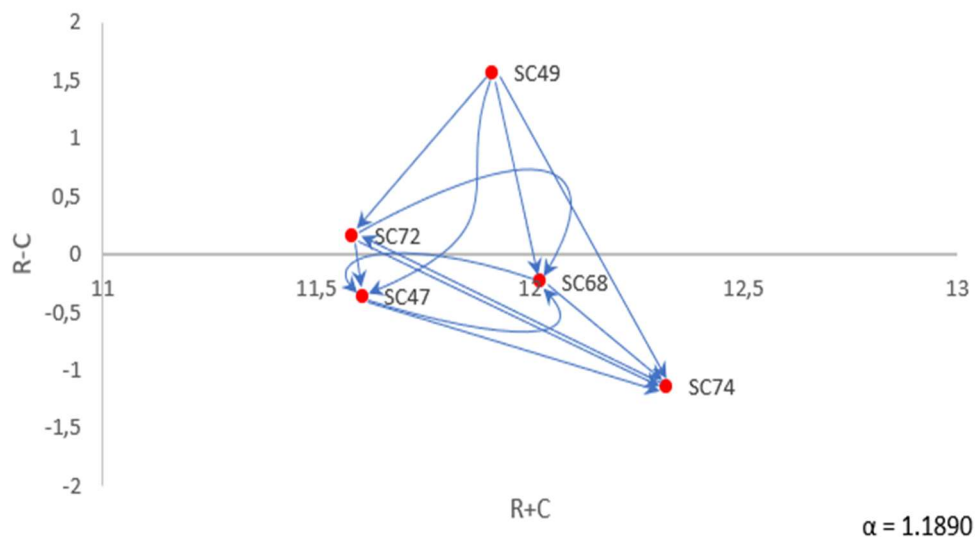
	SC74	SC47	SC72	SC68	SC49	SUM
SC74	0.0	2.3	4.0	2.4	1.6	10.2
SC47	2.4	0.0	2.5	3.3	2.1	10.2
SC72	3.6	2.4	0.0	2.3	2.5	10.8
SC68	3.6	2.8	1.2	0.0	3.2	10.8
SC49	3.2	3.6	2.6	3.4	0.0	12.7
SUM	12.7	11.1	10.3	11.4	9.3	

A Figura 4.7, baseada nos valores do Quadro 4.20 e outros cálculos intermédios (ver Apêndice C2 a C5), demonstra que o critério que mais influencia os demais, com  $R = 6.7392$ , é o SC49 (*i.e.*, *formação sobre importância da digitalização de processos*). Por sua vez, o SC74 (*i.e.*, *ecossistema com falta de maturidade e casos de sucesso em várias áreas*) é o mais influenciado pelos restantes, com  $C = 6.7281$ , correspondendo ainda ao critério considerado mais importante no sistema, com  $(R+C) = 12.3205$ . Por fim, o critério considerado menos importante é o SC72, com valor  $(R+C)$  igual a 11.5855. A classificação por ordem de importância é, então, a seguinte:  $SC74 > SC68 > SC49 > SC47 > SC72$ .

Relativamente à subdivisão por grupos, verifica-se que SC72 e SC49 pertencem ao grupo das causas (*i.e.*,  $(R-C)$  é positivo) e os critérios SC74, SC47 e SC68 incluem-se no grupo dos efeitos ( $R-C < 0$ ), correspondendo ao grupo de fatores influenciados pelos critérios do outro grupo. Através da observação do diagrama, constata-se que: (1) SC49 é *core factor* (QI); (2) SC72 é *driving factor* (QII); (3) SC47 é *independent factor* (QIII); e (4) SC68 e SC74 são *impact factors* (QIV).

**Quadro 4.20: Interações entre Subcritérios– Cluster 3**

	R	C	R+C	R-C
SC74	5.5925	6.7281	12.3205	-1.1356
SC47	5.6227	5.9851	11.6078	-0.3624
SC72	5.8754	5.7102	11.5855	0.1652
SC68	5.8949	6.1285	12.0234	-0.2336
SC49	6.7392	5.1729	11.9121	1.5664



**Figura 4.7: Mapa de Influência – Cluster 3**

Quanto ao cluster *Ecossistema Interno e Externo das PMEs* (i.e., C4), as variáveis selecionadas pelos especialistas a incluir no modelo constam *Quadro 4.21*. A aplicação da fórmula de crispificação (ver *Quadro D1* em *Apêndice*) possibilitou a transformação da matriz neutrosófica (*Quadro 4.22*) na matriz inicial de influência crispificada (*Quadro 4.23*).

**Quadro 4.21: Identificação dos Critérios Elegidos para Avaliação– Cluster 4**

Critérios Seleccionados	
<b>SC86</b>	Cultura de aversão ao risco
<b>SC102</b>	Aposta em inovação sem validação de mercado
<b>SC81</b>	Legislação complexa
<b>SC108</b>	Escassez de RH na área digital
<b>SC103</b>	Mercado nacional muito reduzido
<b>SC77</b>	Redes de colaboração e partilha de conhecimento
<b>SC161</b>	Quantidade de dados recolhidos e que são desvalorizados devido à falta de ferramentas digitais ou <i>know-how</i>

**Quadro 4.22: Matriz com Valores Neutrosóficos – Cluster 4**

	SC86	SC102	SC81	SC108	SC103	SC77	SC122
<b>SC86</b>	-	1 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	1,5 (0.7; 0.3; 0.3)	3 (0.8; 0.2; 0.1)	2 (0.8; 0.2; 0.1)	2 (0.8; 0.2; 0.1)
<b>SC102</b>	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-	2 (0.8; 0.2; 0.1)	3 (0.8; 0.2; 0.1)	2 (0.8; 0.2; 0.1)	2 (0.9; 0.1; 0.1)	2 (0.9; 0.1; 0.1)
<b>SC81</b>	1 (0.9; 0.1; 0.1)	0 (0.9; 0.1; 0.1)	-	1 (0.9; 0.1; 0.1)	1,5 (0.7; 0.3; 0.3)	1 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)
<b>SC108</b>	1 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)	-	3 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.8; 0.2; 0.1)	1 (0.8; 0.2; 0.1)
<b>SC103</b>	3 (0.8; 0.3; 0.2)	1 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.75; 0.2; 0.2)	-	1 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)
<b>SC77</b>	2 (0.75; 0.2; 0.1)	0 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.75; 0.2; 0.2)	3 (0.9; 0.1; 0.1)	-	3 (0.9; 0.1; 0.1)
<b>SC122</b>	2 (0.8; 0.1; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.75; 0.2; 0.2)	3 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.9; 0.1; 0.1)	-

**Quadro 4.23: Matriz Inicial com Valores Crispificados – Cluster 4**

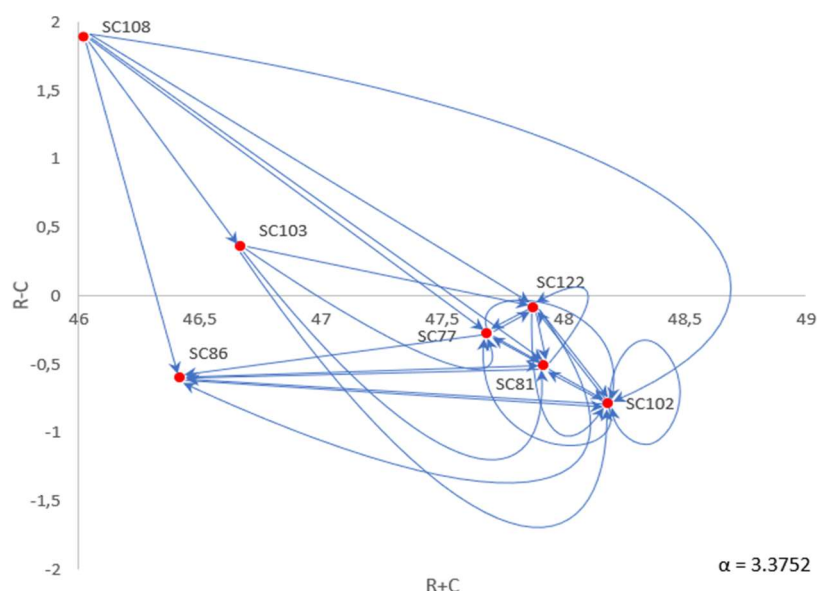
	SC86	SC102	SC81	SC108	SC103	SC77	SC122	SUM
SC86	0.0	0.9	0.9	0.7	0.8	0.8	0.8	5.0
SC102	0.9	0.0	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	5.2
SC81	0.9	0.9	0.0	0.9	0.7	0.9	0.9	5.2
SC108	0.9	0.9	0.9	0.0	0.9	0.8	0.8	5.3
SC103	0.8	0.9	0.9	0.8	0.0	0.9	0.9	5.2
SC77	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.0	0.9	5.2
SC122	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.0	5.3
<b>SUM</b>	5.2	5.4	5.3	4.8	5.1	5.3	5.3	

De acordo com o *Quadro 4.24*, obtido através de cálculos intermédios (ver *Quadros D2 a D5 em Apêndice*), conclui-se que o fator que maior influência tem sobre os restantes é o SC108 (*i.e.*, *escassez de RH na área digital*), com um valor de  $R=23.9586$ . Este critério é também considerado o menos relevante (*i.e.*, que tem o valor  $R+C$  mais baixo), com  $(R+C) = 46.0219$ . Contrastando, a *aposta em inovação sem validação de*

*mercado* (i.e., SC102) corresponde ao critério que recebe mais efeitos dos demais, por ter o valor de C mais elevado (i.e.,  $C = 24.4835$ ), tratando-se, simultaneamente, do critério mais importante do *cluster*, com o (R+C) mais elevado (igual a 48.1820). Relativamente à subdivisão por grupos, concluímos, com base em (R-C), que: o grupo das causas é composto pelos critérios SC108 e SC103 (i.e., *mercado nacional muito reduzido*), pelo que os integrantes do grupo dos efeitos são SC86, SC102 e SC81. Tendo em conta o diagrama DEMATEL, ilustrado na *Figura 4.8*, entende-se que a distribuição por quartis é a seguinte: (1) SC103 e SC108 são driving factors (QII); (2) SC86 é *independent factor* (QIII); e (3) SC122, SC77, SC81 e SC102 são *impact factors* (QIV).

**Quadro 4.24: Interações entre os Subcritérios– Cluster 4**

	R	C	R+C	R-C
SC86	22.9069	23.5097	46.4166	-0.6028
SC102	23.6985	24.4835	48.1820	-0.7850
SC81	23.7052	24.2138	47.9191	-0.5086
SC108	23.9586	22.0633	46.0219	1.8954
SC103	23.5153	23.1540	46.6694	0.3613



**Figura 4.8: Mapa de Influência – Cluster 4**

Abordando o *cluster 5* (i.e., *Fatores Sociais*), as variáveis seleccionadas constam no *Quadro 4.25*. A elaboração da matriz inicial de influência direta com valores



crispificados (*Quadro 4.27*) baseou-se na matriz neutrosófica (*Quadro 4.26*) e na crispificação dos valores (ver *Quadro E1* em *Apêndice*), transparecendo as relações de causalidade entre subcritérios.

**Quadro 4.25: Identificação dos Critérios Elegidos para Avaliação– Cluster 5**

Critérios Seleccionados	
<b>SC8</b>	Redução do estímulo cognitivo
<b>SC9</b>	Envolvimento dos utilizadores/cidadãos
<b>SC10</b>	Pirâmide etária envelhecida
<b>SC15</b>	Baixa natalidade
<b>SC13</b>	Distribuição demográfica

**Quadro 4.26: Matriz com Valores Neutrosóficos – Cluster 5**

	SC8	SC9	SC10	SC15	SC13
<b>SC8</b>	-	3 (0.8; 0.2; 0.2)	0 (0.9; 0.1; 0.1)	0 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.9; 0.1; 0.1)
<b>SC9</b>	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-	2 (0.9; 0.1; 0.1)	0 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.9; 0.1; 0.1)
<b>SC10</b>	0 (0.9; 0.1; 0.1)	0 (0.9; 0.1; 0.1)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.9; 0.1; 0.1)
<b>SC15</b>	0 (0.9; 0.1; 0.1)	1 (0.8; 0.2; 0.2)	0 (0.9; 0.1; 0.1)	-	2 (0.8; 0.2; 0.1)
<b>SC13</b>	0 (0.9; 0.1; 0.1)	2 (0.9; 0.1; 0.1)	2 (0.9; 0.1; 0.1)	2 (0.9; 0.1; 0.1)	-

**Quadro 4.27: Matriz Inicial com Valores Crispificados – Cluster 5**

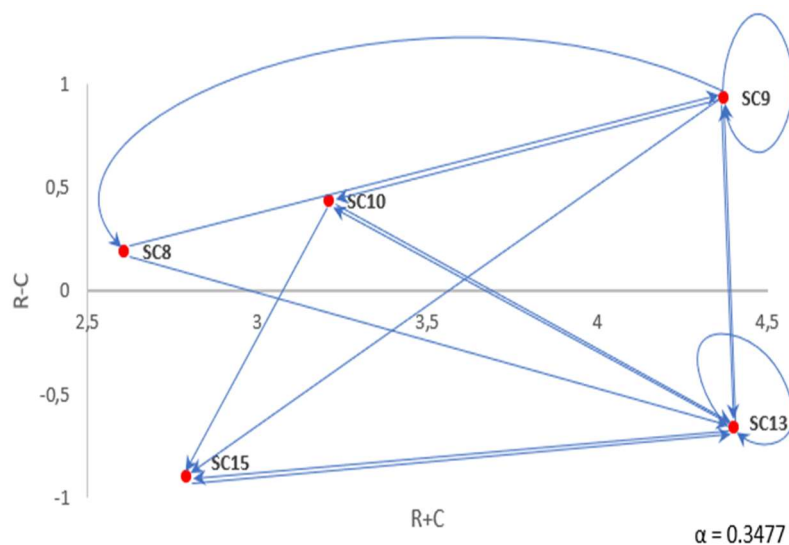
	SC8	SC9	SC10	SC15	SC13	SUM
SC8	0.0	2.4	0.0	0.0	0.9	3.3
SC9	3.6	0.0	1.8	0.0	2.7	8.1
SC10	0.0	0.0	0.0	3.6	2.7	6.3
SC15	0.0	0.8	0.0	0.0	1.7	2.5
SC13	0.0	1.8	1.8	1.8	0.0	5.4
<b>SUM</b>	3.6	5.0	3.6	5.4	8.0	

Na sequência da execução dos passos de aplicação do método DEMATEL (ver *Quadros E2 a E5* em *Apêndice*), surge o quadro que explica as interações entre critérios (*Quadro 4.28*). Deste modo, constata-se que o *envolvimento dos utilizadores/cidadãos* (*i.e.*, SC9) é o critério que mais influencia todos os outros, possuindo o valor mais elevado de  $R = 2.6513$ , sendo a *baixa natalidade* (*i.e.*, SC15) o critério que mais influência recebe dos demais, com  $C = 1.8459$ . Quanto à importância que assume no sistema, a variável

SC13 (*i.e.*, *distribuição demográfica*), a qual assume o valor  $R+C = 4.4004$ , é considerada a mais importante, enquanto a variável SC15 é a menos importante, com  $R+C = 2.7927$ . Os fatores pertencentes ao grupo das causas são: SC8, SC9 e SC10, enquanto os fatores que mais efeitos recebem dos restantes são: SC13 e SC15. Estabelecendo um *ranking* entre os critérios deste *cluster*, compreende-se que:  $SC13 > SC9 > SC10 > SC15 > SC8$ . Partindo da observação do diagrama da *Figura 4.9*, identifica-se o seguinte: (1) SC9 é *core factor* (QI); (2) SC8 e SC10 são *driving factors* (QIII); (3) SC15 é *independent factor* (QIII); e (4) SC13 é *impact factor* (QIV).

**Quadro 4.28: Interações entre Subcritérios– Cluster 5**

	R	C	R+C	R-C
SC8	1.4009	1.2088	2.6097	0.1921
SC9	2.6513	1.7198	4.3711	0.9315
SC10	1.8223	1.3887	3.2110	0.4336
SC15	0.9468	1.8459	2.7927	-0.8991
SC13	1.8712	2.5292	4.4004	-0.6580



**Figura 4.9: Mapa de Influência – Cluster 5**

Para terminar a análise *intra-clusters*, seguimos para a avaliação do *cluster Fatores Ambientais* (*i.e.*, C6), cujos critérios selecionados estão presentes no *Quadro 4.29*. Deste modo, posteriormente à efetivação dos cálculos de crispificação neutrosófica (ver *Quadro F1* em *Apêndice*), procedeu-se à construção da matriz neutrosófica (*Quadro 4.30*), seguida da matriz inicial com valores crispificados (*Quadro 4.31*).

**Quadro 4.29: Identificação dos Critérios Elegidos para Avaliação– Cluster 6**

Critérios Escolhidos	
SC131	Sustentabilidade
SC134	Abolição do Papel
SC133	Restrições energéticas
SC132	Otimização da cadeia de valor da energia
SC135	Consciência ambiental

**Quadro 4.30: Matriz com Valores Neutrosóficos – Cluster 6**

	SC131	SC134	SC133	SC132	SC135
SC131	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)
SC134	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-	2 (0.9; 0.1; 0.1)	2 (0.8; 0.2; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)
SC133	4 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.8; 0.2; 0.2)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)
SC132	4 (0.9; 0.1; 0.1)	2 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)
SC135	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	-

**Quadro 4.31: Matriz Inicial com Valores Crispificados – Cluster 6**

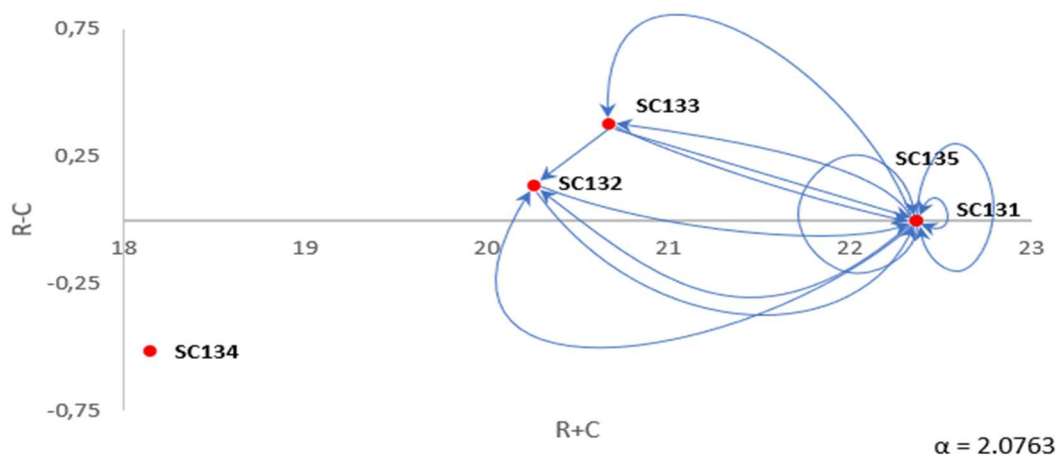
	SC131	SC134	SC133	SC132	SC135	SUM
SC131	0.0	3.6	3.6	3.6	3.6	14.4
SC134	3.6	0.0	1.8	1.7	3.6	10.7
SC133	3.6	2.4	0.0	3.6	3.6	13.2
SC132	3.6	1.8	3.6	0.0	3.6	12.6
SC135	3.6	3.6	3.6	3.6	0.0	14.4
SUM	14.4	11.4	12.6	12.5	14.4	

Desenvolvendo a análise com base na matriz inicial, adquiriu-se a informação necessária à elaboração do *Quadro 4.32* (ver *Quadros G2 a G5* em *Apêndice*) e constata-se que os subcritérios que mais influência exercem sob os restantes são a *sustentabilidade* (i.e., SC131) e a *consciência ambiental* (i.e., SC135), correspondendo igualmente aos critérios que maior influência recebem dos restantes, ambos com valor de R e de C igual a 11.1813 (ver *Figura 4.10*). Consequentemente, assumem os valores mais elevados em (R+C), tratando-se dos critérios mais importantes do *cluster 6*. Em contrapartida, o subcritério menos importante do *cluster* (i.e., aquele que assume um valor mais baixo de R+C) é o fator SC134 (i.e., Abolição do Papel), com (R+C) = 18.1493. Deste modo, tendo em conta o IRM, pode estabelecer-se a hierarquização dos critérios do C6: SC131 =

SC135 > SC133 > SC132 > SC134. Adicionalmente, o grupo das causas é formado pelos subcritérios SC132 e SC133 ( $R-C > 0$ ) e o grupo dos efeitos é formado pelo SC134 ( $R-C < 0$ ). Por último, observa-se que: (1) SC132 e SC133 são *driving factors* (QII); (2) SC134 designa-se um *independent factor* (QIII).

**Quadro 4.32: Interações entre os Subcritérios– Cluster 6**

	R	C	R+C	R-C
SC131	11.1813	11.1813	22.3627	0.0000
SC134	8.8176	9.3317	18.1493	-0.5141
SC133	10.5268	10.1482	20.6750	0.3787
SC132	10.1996	10.0641	20.2637	0.1354
SC135	11.1813	11.1813	22.3627	0.0000



**Figura 4.10: Mapa de Influência ou Diagrama DEMATEL – Cluster 6**

Após a etapa de avaliação do problema em análise, o próximo ponto refletir-se-á na consolidação dos resultados, com a colaboração de uma entidade independente ao estudo e, por esse motivo, imparcial no processo de análise.

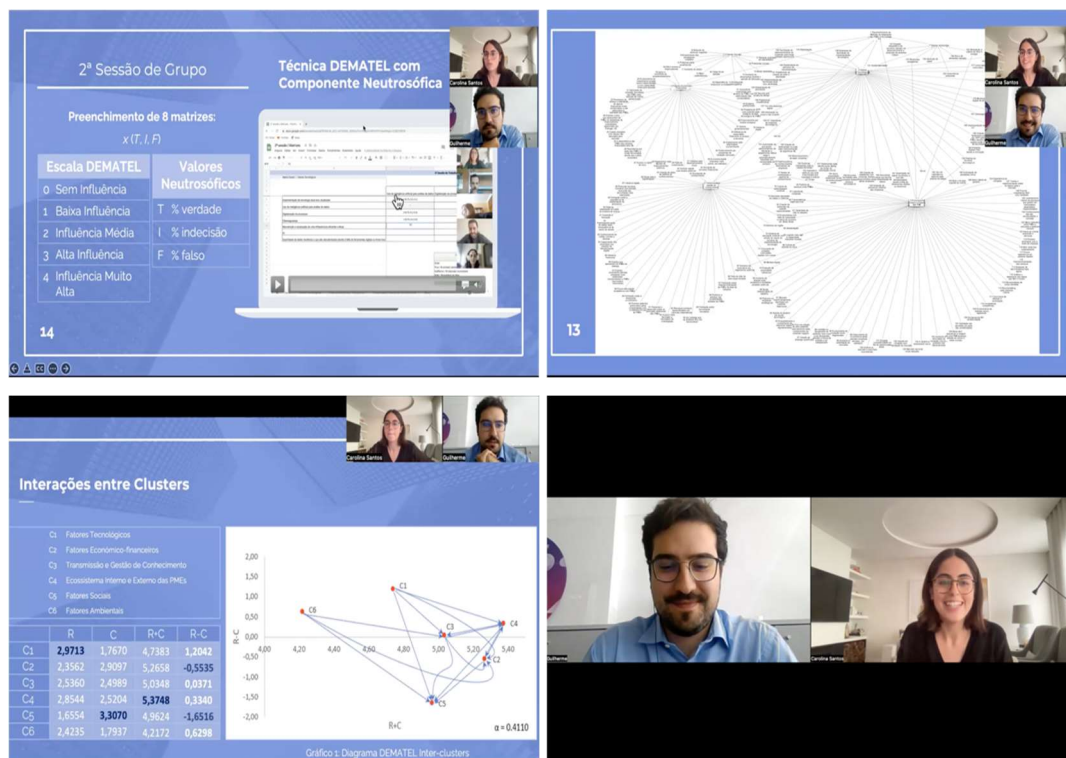
#### 4.3. Consolidação dos Resultados, Limitações e Recomendações

O modelo de apoio à adaptação das PMEs à Sociedade 5.0, formulado com base nos valores, experiência e conhecimento do painel de especialistas, demonstra as relações entre os critérios identificados. Evidencia, igualmente, um *ranking* de importância das

variáveis mais importantes no estudo, a considerar e a priorizar numa situação de tomada de decisão, nomeadamente na identificação de oportunidades de melhoria no sistema em questão. Como resultado final, conclui-se que esta análise multicritério cumpre a sua principal finalidade, na medida em que se obteve um modelo inteligível e ajustado à realidade, com base numa metodologia de apoio à tomada de decisão que aborda as vertentes qualitativa e quantitativa.

Com o intuito de receber um parecer e uma avaliação técnica isenta, no que concerne à consistência interna do modelo e à utilidade prática do mesmo, realizou-se uma sessão de consolidação dos resultados com um representante da COTEC Portugal, o qual lidera projetos de inovação relacionados com a digitalização e a Indústria 4.0. A COTEC Portugal é a principal associação empresarial portuguesa dedicada à promoção da inovação e cooperação tecnológica empresarial, englobando PMEs e grandes empresas, as quais representam, em termos agregados, mais de 16% do PIB em valor acrescentado bruto. As principais atividades da COTEC Portugal incluem a *“antecipação e reflexão sobre temas chave da inovação com impacto na competitividade das empresas, a ativação de plataformas e redes colaborativas e a contribuição para a melhoria de políticas públicas em matérias de inovação”* (COTEC Portugal, s.d., p. 1).

A sessão de validação realizou-se de formato virtual (*i.e.*, via *Zoom Cloud Meetings*), concedendo credibilidade e propriedade ao estudo por intermédio de uma entidade independente. A sessão foi organizada de acordo com um conjunto de pontos a abordar, nomeadamente: (1) breve enquadramento relativamente ao estudo e à metodologia associada, com uma explicação sucinta da temática e do processo de aplicação das técnicas; (2) apresentação do mapa cognitivo e dos principais resultados alcançados através do método DEMATEL, aplicado em contexto neutrosófico; (3) averiguação da apreciação no que concerne à aplicação da metodologia selecionada neste cenário; (4) argumentação relativamente aos resultados obtidos, através da sugestão de recomendações e identificação de vantagens e limitações por parte do especialista; e, por último, (5) juízo relativamente à aplicabilidade prática do modelo de adaptação das PMEs à Sociedade 5.0. A *Figura 4.11* ilustra partes da sessão de consolidação.



**Figura 4.11: Sessão de Consolidação do Estudo**

A sessão decorreu durante uma hora e, após uma breve contextualização do estudo, o mapa cognitivo de grupo foi apresentado ao especialista da COTEC, tal como as matrizes de mais relevantes e os diagramas DEMATEL que resultaram da análise. Relativamente ao mapeamento cognitivo, o perito demonstrou conhecer a técnica e utilizá-la em contexto profissional, algo que pressupõe que a considere apropriada nesta situação. No que concerne ao mapeamento cognitivo, mas também à abordagem DEMATEL, o profissional refere que o estudo “segue um método científico comprovado” e que, como tal, “os outputs aportam rigor científico, tendo por base os dados recolhidos” (nas palavras do entrevistado). Ainda relativamente à metodologia utilizada, considera que, não obstante a diversificação dos especialistas em termos de formação e entidades que representam, tal como a importância da discussão entre os mesmos, “o ponto que poderia, de alguma forma, alterar os dados do estudo” seria uma alteração no painel de especialistas, a qual poderia “flutuar os resultados”, na medida em que “poderiam ser diferentes com uma amostra mais alargada ou com um tipo diferente de amostra” (citando as suas palavras). Relativamente a esta última observação, foi explicado ao entrevistado que este tipo de estudos adota uma lógica construtivista e

orientada para o processo, pelo não há lugar a questões relativas à representatividade do painel como acontece nos métodos estatísticos (cf. Belton & Stewart, 2002).

No que concerne aos resultados evidenciados, o profissional reitera a relevância de determinados *clusters* na realidade do mercado e das PME's portuguesas tendo, no entanto, uma percepção um pouco diferente dos especialistas relativamente às relações de influência em alguns dos tópicos. Adicionalmente, mencionou que “*as vantagens são evidentes*” (citando o especialista) e revelou que o estudo poderá ter contributos significativos para a análise em questão, salientando o interesse e a utilidade do mesmo, no sentido de compreender os graus de influência e o estabelecimento de uma análise comparativa da percepção que os especialistas da sua e outras entidades têm, relativamente aos resultados de uma análise metodológica baseada em dados. Segundo o entrevistado, o estudo evidencia as necessidades das PME's, salientando as áreas que requerem mais apoio para que cresçam pela rentabilidade e, eventualmente, se internacionalizem, mas também as áreas em que estão a apostar na atualidade.

Relativamente à aplicabilidade prática do sistema de análise desenvolvido, com a devida ressalva de um maior aprofundamento, “*parece-me que os principais stakeholders a ter em consideração seriam, então, estes players que estão a organizar a implementação da Indústria 4.0 no mercado e, em particular, as entidades que trabalham a par e passo das PME's*” (nas suas palavras). O especialista mencionou, deste modo, que o estudo tem “*muito potencial nas entidades associativas*”, acreditando também na sua viabilidade quando utilizado por entidades governativas, na medida em que “*têm bases para criar apoios, programas ou financiamentos para apoiar as PME's nas suas necessidades*” (segundo o mesmo). Acrescentou também que estas entidades “*conseguem interpretar esses dados e, de alguma forma, ‘desconstruir’ isto para o mercado, porque as empresas estão muito direcionadas para o mercado*” e para o negócio (por palavras suas). Quanto à aplicabilidade prática do sistema no contexto das PME's, citando o especialista: “*Diria que, para as PME's, é interessante e válida as necessidades que têm*”, considerando-o como instrumento de análise de modo a que consigam identificar dificuldades ou vantagem competitiva em comparação com outras PME's, procurando, essencialmente, criar planos de ação adaptados à sua realidade e minimizar riscos que possam estar associados a esses indicadores. Em conclusão, reafirmou que a sua utilização por parte entidades associativas e governamentais poderá ser benéfica para as PME's, visto que existe a “*possibilidade de disseminar e de impactar em mais larga escala*” (citando o entrevistado).

## ***SINOPSE DO CAPÍTULO 4***

O quarto capítulo foca-se na componente prática da dissertação. Ou seja, na aplicação das metodologias abordadas no *Capítulo 3* e que têm como principal intuito auxiliar a compreensão de fenómenos complexos. Esta vertente empírica da dissertação teve como base as diferentes fases de apoio à tomada de decisão, nomeadamente a fase de estruturação e a fase de avaliação do problema. Numa primeira sessão de trabalho, realizada por videoconferência, foi possível reunir um painel de 7 decisores experientes na área, com o principal intuito de identificar os fatores de suporte à adaptação das PMEs à Sociedade 5.0 num contexto de grupo, que envolveu discussão de perspetivas e aprendizagem. Tendo por base os critérios identificados pelos mesmos, a temática foi estruturada e representada visualmente com recurso ao mapeamento cognitivo para que a compreensão da mesma se tornasse mais simples. Numa segunda sessão, o mapa cognitivo foi disponibilizado e aprovado pelos decisores e, como tal, seguiu-se a aplicação da técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico, a qual materializou a fase de avaliação. Deste modo, as relações de causalidade entre *clusters* e subcritérios foram evidenciadas, considerando também o nível de indeterminação inerente a uma situação de tomada de decisão. Assim, seguiu-se o preenchimento das matrizes DEMATEL com base no entendimento dos decisores quanto às relações entre *clusters* e entre os critérios selecionados para o efeito, através da utilização da escala DEMATEL (na qual 0 = “sem influência” e 4 = “influência muito elevada”) e da lógica neutrosófica, que a complementa com a probabilidade de os pareceres dos decisores serem verdadeiros (*T*), incertos/ indeterminados (*I*) e falsos (*F*). Por conseguinte, procedeu-se à crispificação dos valores neutrosóficos, obtendo-se valores mais ajustados à realidade. Seguidamente, os resultados gerados durante a segunda sessão foram analisados, através do preenchimento de matrizes e formulação de diagramas DEMATEL, sendo que estes últimos permitem compreender qual o impacto de cada critério analisado em todo o sistema, possibilitando, eventualmente, a priorização das variáveis mais relevantes e a identificação de oportunidades de melhoria. Por último, de modo a compreender a consistência interna e aplicabilidade prática do modelo, realizou-se uma sessão de consolidação de resultados com um especialista da COTEC Portugal. Da análise, resultou um modelo abrangente e coerente, importante na identificação de medidas de apoio à adaptação das PMEs à Sociedade 5.0.



### 5.1. Principais Resultados e Limitações da Aplicação

**A** Sociedade 5.0 é uma temática que envolve um conjunto de variáveis bastante significativo, tratando-se de um fenómeno complexo e passível de diferentes interpretações. Neste sentido, parece importante compreender de que forma as empresas se poderão adaptar a esta realidade, nomeadamente as PMEs, na medida em que representam a maioria do tecido empresarial. Assim, a presente dissertação teve como principal intuito a ***conceção de um modelo multicritério de apoio à tomada de decisão neste contexto, o qual combina o mapeamento cognitivo e a técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico***, de modo a elaborar uma análise qualitativa e quantitativa de variáveis de natureza objetiva e subjetiva, tal como incorporar a incerteza e indeterminação inerentes ao processo de tomada de decisão através da lógica neutrosófica. Como resultado, obteve-se um modelo completo, consistente e inteligível que auxilia a tomada de decisão, proporcionando uma visão holística da problemática em questão, através da identificação e priorização dos critérios preponderantes aquando da adoção de medidas de melhoria da adaptação das PMEs à Sociedade 5.0.

Seguindo a estrutura previamente delineada, a presente dissertação baseia-se numa lógica construtivista. No primeiro capítulo (*Capítulo 1 – Introdução*), estabeleceu-se um breve enquadramento geral da dissertação com: (1) apresentação da problemática em estudo; (2) explicação dos fundamentos da investigação; (3) elucidação dos objetivos; (4) definição da metodologia a adotar; (5) exposição da estrutura; e (6) esclarecimento dos principais resultados esperados. O *Capítulo 2* (*i.e.*, Revisão da Literatura) salientou os principais conceitos a ter em consideração, estabelecendo uma contextualização teórica do fenómeno complexo em análise (*i.e.*, Sociedade 5.0 e eventuais constrangimentos ou sugestões de medidas a adotar no contexto das PMEs), assim como uma breve análise de contributos e limitações de outros estudos, de modo a desenvolver um sistema que colmatasse essas mesmas lacunas identificadas na metodologia. De seguida, o *Capítulo 3* (*i.e.*, Enquadramento Metodológico) visou a introdução às abordagens metodológicas utilizadas, explicando a estruturação de problemas complexos

com recurso ao mapeamento cognitivo, bem como as diferentes fases do método DEMATEL, integrando a especificidade das componentes que compõem a lógica neutrosófica e refletindo as circunstâncias de um processo de tomada de decisão (*i.e.*, graus de verdade, indeterminação e falsidade). O *Capítulo 4* (*i.e.*, Aplicação e Análise de Resultados) reflete a componente empírica da dissertação, tendo por base a utilização das metodologias descritas no *Capítulo 3*, a qual possibilitou a estruturação da temática em estudo. Por último, o atual capítulo (*i.e.*, *Capítulo 5 – Conclusões*) evidencia os resultados fundamentais do estudo, apresentando contributos e limitações, tal como perspetivas de futura investigação.

Na sequência do estudo, destacam-se seis áreas de interesse identificadas pelos especialistas no contexto da adaptação das PME's à Sociedade 5.0, nomeadamente: (1) *Fatores Tecnológicos*; (2) *Fatores Económico-Financeiros*; (3) *Transmissão e Gestão do Conhecimento*; (4) *Ecossistema Interno e Externo das PME's*; (5) *Fatores Sociais*; e (6) *Fatores Ambientais*. Adicionalmente, os decisores identificaram relações de causa-efeito entre critérios, tornando viável tecer conclusões acerca dos resultados obtidos pela aplicação do método DEMATEL em ambiente neutrosófico. Desta forma, destaca-se o seguinte: (1) *Ecossistema Interno e Externo das PME's* (*i.e.*, C4) corresponde à dimensão mais importante no modelo, sendo que os fatores que mais impactam os restantes são a *escassez de RH na área digital* e o *mercado nacional muito reduzido*; (2) o segundo *cluster* mais relevante no estudo corresponde aos *Fatores Económico-Financeiros* (*i.e.*, C2), sendo que os fatores mais influenciadores no sistema são a *carga fiscal pesada* e o *investimento para atrair/captar conhecimento*; (3) em terceiro lugar, surge o *cluster Transmissão e Gestão de Conhecimento* (*i.e.*, C3), que demonstra que as variáveis determinantes face às demais são o *sistema de educação modular com estudo de casos de sucesso de implementação de tecnologia* e a *formação sobre importância da digitalização de processos*; (4) como quarto *cluster* mais relevante, aponta-se *Fatores Sociais* (*i.e.*, C5), o qual evidencia um conjunto de critérios que exercem influência sob os demais, nomeadamente a *redução do estímulo cognitivo*, o *envolvimento dos utilizadores/cidadãos* e a *pirâmide etária envelhecida*; (5) o *cluster Fatores Tecnológicos* é indicado como o quinto mais importante, assumindo os critérios *uso de inteligência artificial para análise de dados*, *manutenção e atualização de uma infraestrutura eficiente e eficaz*, *AI* e *quantidade de dados recolhidos e que são desvalorizados devido à falta de ferramentas digitais ou know-how* como os que mais influenciam os restantes; e, por último, (6) o *cluster Fatores Ambientais* (*i.e.*, C6), foi tido como o menos

importante de todos os *clusters*, no qual se destacam duas variáveis como pertencentes ao grupo das causas (*i.e.*, *otimização da cadeia de valor da energia* e as *restrições energéticas*). É também de notar que o modelo multicritério em questão foi analisado por um especialista neutro ao processo inerente à sua criação, no decorrer de uma sessão de consolidação marcada para o efeito. Por conseguinte, a consistência interna e a aplicabilidade prática do modelo foram validadas, espelhando -se a sua viabilidade como ferramenta de apoio à tomada de decisão no contexto previsto. De salientar, também, o facto deste modelo multicritério não objetivar soluções ótimas, mas sim um aperfeiçoamento do processo de tomada de decisão.

Todos os estudos têm limitações, não sendo este exceção à regra. As principais limitações identificadas são as que se seguem: (1) como referido na sessão de consolidação, o modelo apresentado implica a sua adaptação a outras realidades, não sendo passível de generalizações e dependendo estreitamente da conjuntura específica em que insere; (2) os resultados evidenciados são fortemente influenciados pelo perfil dos especialistas selecionados, sendo que um painel diferente originaria resultados também diferentes; (3) morosidade e exaustividade associadas às sessões de trabalho em grupo e a análises que envolvem inúmeras variáveis (e correspondentes componentes neutrosóficas); e (4) a realização das sessões de trabalho por videoconferência, tendo em conta as circunstâncias pandémicas (*i.e.*, a Covid-19), despoletou alguns constrangimentos associados à utilização de equipamentos eletrónicos. Não obstante, o modelo multicritério revela contributos significativos para a perceção da temática da adaptação das PME's à Sociedade 5.0.

## **5.2. Síntese dos Principais Contributos**

A presente dissertação revelou que a Sociedade 5.0 se trata de uma temática que, embora possa ser considerada complexa, envolvendo inúmeras variáveis objetivas e subjetivas, é também uma problemática que se reflete fortemente na atualidade. Tendo como intuito desenvolver a literatura a nível académico acerca deste tema recente e pouco estudado, esta dissertação acrescenta valor pelo facto de não terem sido encontrados registos de estudos que abordem esta temática, aplicando o método DEMATEL em ambiente neutrosófico. Incorporando as empresas que representam a maioria do tecido empresarial a nível nacional e global (*i.e.*, PME's), o estudo procura criar um modelo que evidencie as

variáveis mais relevantes no sistema e relações que se estabelecem entre as mesmas, de modo que seja possível priorizar os fatores e medidas a adotar num contexto real.

Adicionalmente, foi também procurado colmatar as limitações identificadas noutros estudos relacionados com a temática. Com efeito, através da combinação de metodologias multicritério de apoio à tomada de decisão, nomeadamente mapeamento cognitivo e método DEMATEL aplicado em contexto neutrosófico, foi possível suprir algumas lacunas identificadas, tais como: (1) a falta de clareza relativamente à definição de critérios de avaliação e à determinação da sua relevância; (2) as dificuldades inerentes ao estudo das relações de causalidade verificadas entre as mesmas; e (3) a imponderação das circunstâncias inerentes à tomada de decisão (*i.e.*, verdade, indeterminação e falsidade relativamente aos julgamentos). Por conseguinte, as metodologias adotadas permitem a compreensão do problema de forma holística e inteligível, favorecendo a aprendizagem e a colaboração dos decisores decorrentes da interação e das dissemelhanças de perfis, algo que traz benefícios relativamente à consistência dos resultados do estudo. Adicionalmente, a integração da lógica neutrosófica na tomada de decisão no contexto da adaptação das PME's à Sociedade 5.0, particularmente do grau de incerteza/indeterminação da avaliação, revela-se uma vantagem considerável, pois promove a obtenção de resultados mais realistas. Por fim, a adaptação das sessões para videoconferência, poderá introduzir inovação na utilização das metodologias.

Concluindo, o modelo formulado poderá apoiar a análise relativa à adaptação das PME's à Sociedade 5.0, contribuindo para a perceção da temática e estabelecimento de medidas concretas por parte de PME's e entidades associativas e governativas.

### **5.3. Perspetivas de Futura Investigação**

O modelo de apoio à adaptação das PME's à Sociedade 5.0, elaborado com recurso à associação entre metodologias multicritério, nomeadamente mapeamento cognitivo e o método DEMATEL em ambiente neutrosófico, contribui para a análise da temática em questão, possibilitando a estruturação da mesma, seguida da identificação e posterior avaliação dos critérios que a compõem, tal como das relações de causa-efeito que se estabelecem entre os mesmos. A clareza e inteligibilidade da análise, tal como a organização dos dados, facilita também eventuais aplicações das metodologias em outros

contextos, com ressalva das adaptações que são necessárias de acordo com a realidade da empresa e do ecossistema em que se insere.

Neste ponto, são realçadas algumas recomendações de investigação futura, esboçadas tendo por base algumas limitações identificadas e direcionadas a investigadores que pretendam estudar a adaptação das PME's à Sociedade 5.0. Como sugerido no *Ponto 4.3*, seria proveitoso realizar um estudo equivalente, com algumas variantes: (1) um grupo de decisores com perfis diferentes dos que participaram no estudo; (2) estudo relativo à adaptação das grandes empresas à Sociedade 5.0, com estabelecimento de uma análise comparativa; (3) estudo realizado com PME's a nível global ou, especificamente, num outro país, para que se estabeleça a mesma lógica comparativa (isto apesar de as PME's associadas aos decisores deste estudo se encontrarem em várias regiões de Portugal e do Brasil); e (4) como sugerido na consolidação de resultados, o foco do estudo por setores de atividade. Complementarmente, propõe-se a combinação da abordagem neutrosófica com outras metodologias multicritério, como são exemplo o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) ou o *Best Worst Method* (BWM) no contexto d adaptação das PME's à Sociedade 5.0, com vista à obtenção de modelos alternativos que ponderem o grau de incerteza/indecisão/indeterminação inerente a qualquer processo de tomada de decisão.

Em síntese, a adaptação das PME's à Sociedade 5.0 é uma temática abrangente e, efetivamente, pouco desenvolvida em termos de investigação. Nesse sentido, deveremos atender a qualquer desenvolvimento investigativo futuro que traga contribuições positivas neste domínio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Basset, M., Atef, A., & Smarandache, F. (2019). A hybrid neutrosophic multiple criteria group decision making approach for project selection. *Cognitive Systems Research*, 57, 216–227.
- Ackermann, F. (2012). Problem structuring methods “in the Dock”: Arguing the case for soft OR. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 652–658.
- Ackermann, F., Howick, S., Quigley, J., Walls, L., & Houghton, T. (2014). Systemic risk elicitation: Using causal maps to engage stakeholders and build a comprehensive view of risks. *European Journal of Operational Research*, 238, 290–299.
- Ackoff, R. (1974). *Redesigning the Future: A Systems Approach to Societal Problems*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Aguilar-Fernández, M. & Otegi-Olaso, J. (2018). Firm size and the business model for sustainable innovation. *Sustainability*, 10, 1–27.
- Ahlfänger, M., Gemünden, H., & Leker, J. (2022). Balancing knowledge sharing with protecting: The efficacy of formal control in open innovation projects. *International Journal of Project Management*, 40(2), 105–119.
- Alam, M., Rooney, D., & Taylor, M. (2022). Measuring inter-firm openness in innovation ecosystems. *Journal of Business Research*, 138, 436–456.
- Al-Subhi, S., Pupo, I., Vacacela, R., & Perez, P. (2019). A new neutrosophic cognitive map with neutrosophic sets on connections: Application in project management. *Neutrosophic Sets and Systems*, 22, 63–73.
- Álvarez, M., Bárcena, M., & González, F. (2017). On the sustainability of machining processes. Proposal for a unified framework through the triple bottom-line from an understanding review. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3890–3904.
- Ardito, L., Raby, S., Albino, V., & Bertoldi, B. (2021). The duality of digital and environmental orientations in the context of SMEs: Implications for innovation performance. *Journal of Business Research*, 123, 44–56.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17, 99–120.
- Bartoloni, S., Calò, E., Marinelli, L., Pascucci, F., Dezi, L., Carayannis, E., Revel, G., & Gregori, G. (2021). Towards designing society 5.0 solutions: The new quintuple helix - design thinking approach to technology. *Technovation*, 113, 1–14.
- Belton, V. & Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated Approach*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Birkel, H. & Muller, J. (2021). Potentials of industry 4.0 for supply chain management within the triple bottom line of sustainability – A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 289, 1–10.
- Braga, I., Ferreira, F., Ferreira, J., Correia, R., Pereira, L., & Falcão, P. (2021). A DEMATEL analysis of smart city determinants. *Technology in Society*, 66, 1–13.
- Brundtland Report (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oxford: Oxford University.
- Carlucci, D., Schiuma, G., Gavrilova, T., & Linzalone, R. (2013). A fuzzy cognitive map based approach to disclose value creation dynamics of ABIs. *Proceedings of the 8th International Forum on Knowledge Asset Dynamics* (pp. 207–219), Zagreb, Croatia.
- Carraz, R. & Harayama, Y. (2019). Japan’s innovation systems at the crossroads: Society 5.0. *Digital Asia*, 33–45.

- Comissão Europeia (2003). *Recomendação da Comissão de 6 de Maio de 2003 Relativa à Definição de Micro, Pequenas e Médias Empresas*. Disponível online em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=celex%3A32003H0361> [Setembro 2021].
- Comissão Europeia (2019). *Small Business Act Fact Sheet*. Disponível online em <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/home> [Fevereiro 2022].
- Cosenz, F. & Bivona, E. (2021). Fostering growth patterns of SMEs through business model innovation. A tailored dynamic business modelling approach. *Journal of Business Research*, 130, 658–669.
- COTEC Portugal (s.d.). *Plano de Atividades 2022*. Disponível online em <https://cotecportugal.pt/pt/quem-somos/> [Abril 2021].
- Cruz-Cázares, C., Bayona-Sáez, C., & García-Marco, T. (2013). You can't manage right what you can't measure well: Technological innovation efficiency. *Research Policy*, 42, 1239–1250.
- Divella, M. & Sterlacchini, A. (2021). Determinants of sustainable & responsible innovations: A firm-level analysis for Italy. *Structural Change and Economic Dynamics*, 59, 360–374.
- Dodgson, M., Gann, D., & Salter, A. (2009). *The Management of Technological Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Du, Y. & Li, X. (2021). Hierarchical DEMATEL method for complex systems. *Expert Systems with Applications*, 167, 1–22.
- Eden, C. & Ackerman, F. (2004). Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 615–630.
- Eden, C. & Ackermann, F. (2001). SODA – The principles. In J. Rosenhead, & J. Mingers (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty, and Conflict* (pp. 21–41), Chichester: John Wiley & Sons Inc.
- Eden, C. (2004). Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, 159(3), 673–686.
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business (The Conscientious Commerce Series)*. Chichester: Capstone Publishing Ltd.
- 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*, 1–22.
- Ferreira, F. & Santos, S. (2016). Comparing trade-off adjustments in credit risk analysis of mortgage loans using AHP Delphi and MACBETH. *International Journal of Strategy and Property Management*, 20(1), 44–63.
- Ferreira, F. (2011). *Avaliação Multicritério de Agências Bancárias: Modelos e Aplicações de Análise de Decisão*. Faro: Faculdade de Economia da Universidade do Algarve e Fundação para a Ciência e a Tecnologia.
- 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*, 16(2), 170–187.
- Ferreira, F., Santos, S., Rodrigues, P., & Spahr, R. (2014). Evaluating retail banking service quality and convenience with MCDA techniques: A case study at the bank branch. *Journal of Business Economics and Management*, 15, 1–21.
- Ferreira, F., Spahr, R., & Sunderman, M. (2016). Using multiple criteria decision analysis (MCDA) to assist in estimating residential housing values. *International Journal of Strategic Property Management*, 20(4), 354–370.

- Ferreira, F., Spahr, R., Santos, S., & Rodrigues, P. (2012). A multiple criteria framework to evaluate bank branch potential attractiveness. *International Journal of Strategy Property Management*, 16(3), 254–276.
- Ferreira, F., Spahr, R., Sunderman, M., Govindan, K., & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2022). Urban blight remediation strategies subject to seasonal constraints. *European Journal of Operational Research*, 296, 277–288.
- Fukuda, K. (2020). Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. *International Journal of Production Economics*, 220, 1–13.
- Gabus, A. & Fontela, E. (1972). *World Problems: An Invitation to Further Thought Within the Framework of DEMATEL*. Geneva: Battelle Geneva Research Center.
- García, J., Álvarez, C., Gómez, J., & Toro, J. (2017). Measuring organizational capabilities for technological innovation through a fuzzy inference system. *Technology in Society*, 50, 93–109.
- Gholami, M., Sheikahmadi, A., Khamforoosh, K., & Jalili, M. (2022). Overlapping community detection in networks based on Neutrosophic theory. *Physica A*, 598, 1–13.
- Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z., & Milićević, M. (2016). The combination of expert judgment and GIS-MAIRCA analysis for the selection of sites for ammunition depots. *Sustainability*, 8, 1–30.
- Giudice, M., Scuotto, V., Orlando, B., & Mustilli, M. (2021). Toward the human-centered approach. A revised model of individual acceptance of AI. *Human Resource Management Review*. DOI: 10.1016/j.hrmr.2021.100856.
- Government of Japan (2021). *Science, Technology, and Innovation Basic Plan*. Disponível online em <https://www8.cao.go.jp/cstp/english/index.html>. [novembro 2021].
- Han, M. & Chen, W. (2021). Determinants of eco-innovation adoption of small and medium enterprises: An empirical analysis in Myanmar. *Technological Forecasting & Social Change*, 173, 1–7.
- Hector, D., Christensen, C., & Petrie, J. (2009). A problem-structuring method for complex societal decisions: Its philosophical and psychological dimensions. *European Journal of Operational Research*, 193, 693–708.
- Hervas-Oliver, J., Parrilli, M., & Sempere-Ripoll, F. (2021). SME modes of innovation in European catching-up countries: The impact of STI and DUI drivers on technological innovation. *Technological Forecasting & Social Change*, 173, 1–10.
- Hervas-Oliver, J., Sempere-Ripoll, F., & Boronat-Moll, C. (2021). Technological innovation typologies and open innovation in SMEs: Beyond internal and external sources of knowledge. *Technological Forecasting & Social Change*, 162, 1–7.
- Jensen, M., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36(5), 680–693.
- Kahneman, D. & Klein, G. (2009). Conditions for intuitive expertise: A failure to disagree. *American Psychologist*, 64(6), 515–526.
- Kandasamy, W. & Smarandache, F. (2003). *Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophic Cognitive Maps*. Phoenix: Xiquan.
- Kannan, D. (2021). Sustainable procurement drivers for extended multi-tier context: A multi-theoretical perspective in the Danish supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 146, 1–28.



- Karasan, A., Ilbahar, E., Cebi, S., & Kahraman, C. (2022). Customer-oriented product design using an integrated neutrosophic AHP & DEMATEL & QFD methodology. *Applied Soft Computing*, 118, 1–18.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(1), 65–75.
- Lee, J. (2021). Analysis of technology-related innovation characteristics affecting the survival period of SMEs: Focused on the manufacturing industry of Korea. *Technology in Society*, 67, 2–8.
- Leonidou, E., Christofi, M., Vrontis, D., & Thrassou, A. (2020). An integrative framework of stakeholder engagement for innovation management and entrepreneurship development. *Journal of Business Research*, 119, 245–258.
- Lerman, L., Benitez, G., Gerstlberger, W., Rodrigues, V., & Frank, A. (2021). Sustainable conditions for the development of renewable energy systems: A triple bottom line perspective. *Sustainable Cities and Society*, 75, 1–11.
- Li, L., Lin, J., Ouyang, Y., & Luo, X. (2022). Evaluating the impact of big data analytics usage on the decision-making quality of organizations. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 1–9.
- Liu, Z., Mu, R., Hu, S., Wang, L., & Wang, S. (2018). Intellectual property protection, technological innovation and enterprise value—An empirical study on panel data of 80 advanced manufacturing SMEs. *Cognitive Systems Research*, 52, 741–746.
- Mingers, J. & Rosenhead, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 530–554.
- Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (2016). *Measures Implemented to Promote Science and Technology*. Disponível online em <https://www.mext.go.jp/en/publication/whitepaper/title03/detail03/1384513.htm> [outubro 2021].
- Munro, I. & Mingers, J. (2002). The use of multimethodology in practice – results of a survey of practitioners. *The Journal of Operational Research Society*, 53(4), 369–378.
- Nagy, K., Hajrizi, E., & Palkovics, L. (2020). Responsible innovation in support of society 5.0 - Aspects of audit and control. *IFAC PapersOnLine*, 53(2), 17469–17474.
- Oluwafemi, T., Mitchelmore, S., & Nikolopoulos, K. (2020). Leading innovation: Empirical evidence for ambidextrous leadership from UK high-tech SMEs. *Journal of Business Research*, 119, 195–208.
- Pereira, I., Ferreira, F., Pereira, L., Govindan, K., Meidutė-Kavaliauskienė, I., & Correia, R. (2020). A fuzzy cognitive mapping-system dynamics approach to energy-change impacts on the sustainability of small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 256, 1–16.
- Pidd, M. (2009). *Tools for Thinking: Modelling in Management Science*. Chichester: Wiley.
- Pinto, A., Ferreira, F., Spahr, R., Sunderman, M., Govindan, K., & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2021). Analyzing blight impacts on urban areas: A multi-criteria approach. *Land Use Policy*, 108, 1–14.
- Porter, M. (1986). *Competition in Global Industries*. Boston: Harvard Business School Press.

- Pramanik, S., Banerjee, D., & Giri, B. (2016). TOPSIS approach for multi attribute group decision making in refined neutrosophic environment. In F. Smarandache & S. Pramanik (Eds.), *New Trends in Neutrosophic Theory and Applications* (pp. 79–91). Brussels: Pons Editions.
- Ramamoorthi, S., Kumar, B., Sithik, M., Kumar, T., Ragaventhiran, J., & Islabudeen, M. (2021). Enhanced security in IOT environment using Blockchain: A survey. *Materials Today: Proceedings*, DOI: 10.1016/j.matpr.2021.03.346.
- Reis, J., Ferreira, F., & Monteiro Barata, J. (2013). Technological innovation in banking services: an exploratory analysis to perceptions of the front office employee. *Problems and Perspectives in Management*, 11(1), 34–49.
- 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*, 23(1), 140–156.
- Rodrigues, A., Ferreira, F., Teixeira, F., & Zopounidis, C. (2022). Artificial intelligence, digital transformation and cybersecurity in the banking sector: A multi-stakeholder cognition-driven framework. *Research in International Business and Finance*, 60, 1–14.
- Rojas, C., Peñafiel, G., Buitrago, D., & Romero, C. (2021). Society 5.0: A Japanese concept for a superintelligent society. *Sustainability*, 13, 1–14.
- Rosenhead, J. & Mingers, J. (2001). *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Salmeron, J., Mansouri, T., Moghadam, M., & Mardani, A. (2019). Learning fuzzy cognitive maps with modified asexual reproduction optimisation algorithm. *Knowledge Based Systems*, 163, 723–735.
- Sarker, M., Ali, S., Paul, S., & Munim, Z. (2021). Measuring sustainability performance using an integrated model. *Measurement*, 184, 1–11.
- Schilling, M. (2017). *Strategic Management of Technological Innovation*. New York: McGraw-Hill Education.
- Sestino, A., Prete, M., Piper, L., & Guido, G. (2020). Internet of things and big data as enablers for business digitalization strategies. *Technovation*, 98, 1–9.
- Si, S., You, X., Liu, H., & Zhang, P. (2018). DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018(1), 1–33.
- Smarandache, F. & Pramanik, S. (2016). *New Trends in Neutrosophic Theory and Applications*. Brussels: Pons Editions.
- Smarandache, F. (2007). *A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics*. Ann Arbor: InfoLearnQuest.
- Smarandache, F. (2020). The score, accuracy, and certainty functions determine a total order on the set of neutrosophic triplets (T, I, F). *Neutrosophic Sets and Systems*, 38, 1–14.
- Smith, C. & Shaw, D. (2019). The characteristics of problem structuring methods: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 274, 403–416.
- Stahl, B., Chatfield, K., Holter, C., & Brem, A. (2019). Ethics in corporate research and development: Can responsible research and innovation approaches aid sustainability? *Journal of Cleaner Production*, 239, 1–11.

- STI – Council for Science, Technology and Innovation (2015). *Report on the 5th Science and Technology Basic Plan*. Disponível online em [https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan\\_en.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan_en.pdf) [Novembro 2021].
- Trott, P. (2012). *Innovation Management and New Product Development*. Great Britain: Pearson Education.
- Tzeng, G., Chiang, C., & Li, C. (2007). Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 32(4), 1028–1044.
- UNESCO (2015). *Relatório de Ciência da UNESCO – Rumo a 2030*. Disponível online em [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235407\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235407_por) [Setembro 2021].
- Vincent, V. (2021). Integrating intuition and artificial intelligence in organizational decision-making. *Business Horizons*, 64(4), 425–438.
- Wang, F. & Chen, K. (2020). Do product imitation and innovation require different patterns of organizational innovation? Evidence from Chinese firms. *Journal of Business Research*, 106, 60–74.
- Watanabe, E., Silva, R., Tsuzuki, M., Junqueira, F., Filho, D., & Miyagi, P. (2017). Assessment of sustainability for production control based on petri net and cyber-physical cloud system. *IFAC PapersOnLine*, 50(1), 12985–12990.
- Wellalage, N. & Fernandez, V. (2019). Innovation and SME finance: Evidence from developing countries. *International Review of Financial Analysis*, 66, 1–10.
- Wey, W. & Huang, J. (2018). Urban sustainable transportation planning strategies for livable city's quality of life. *Habitat International*, 82, 9–27.
- WTO – World Trade Organization (2016). *World Trade Report*. Disponível online em [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/world\\_trade\\_report16\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/world_trade_report16_e.pdf) [setembro 2021].
- Wu, H., Han, Z., & Zhou, Y. (2021). Optimal degree of openness in open innovation: A perspective from knowledge acquisition & knowledge leakage. *Technology in Society*, 67, 1–13.
- Yalcin, A., Kilic, H., & Delen, D. (2022). The use of multi-criteria decision-making methods in business analytics: A comprehensive literature review. *Technological Forecasting & Social Change*, 174, 1–35.
- Yaman, D. & Polat, S. (2009). A fuzzy cognitive map approach for effect-based operations: An illustrative case. *Information Sciences*, 179(4), 382–403.
- Yang, Y., Shieh, H., Leu, J., & Tzeng, G. (2008). A novel hybrid MCDM model combined with DEMATEL and ANP with applications. *International Journal of Operational Research*, 5(3), 160–168.
- Yazdi, M., Khan, F., Abbassi, R., & Rusli, R. (2020). Improved DEMATEL methodology for effective safety management decision-making. *Safety Science*, 127, 1–17.
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information Control*, 8(3), 338–353.
- Zhangqi, Z., Zhuli, C., & Lingyun, H. (2021). Technological innovation, industrial structural change and carbon emission transferring via trade: An agent-based modeling approach. *Technovation*, DOI: 10.1016/j.technovation.2021.102350.
- Zhou, X., Si, Y., Deng, X., & Deng, Y. (2017). D-DEMATEL: A new method to identify critical success factors in emergency management. *Safety Science*, 91, 93–104.



## **APÊNDICES**

## Apêndice A – Cluster 1 – Fatores Tecnológicos

**Quadro A1: Crispificação de Valores Neutrosóficos – Cluster 1**

	Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
			T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ Cluster 1 - Fatores Tecnológicos	SC142-SC162	2.0	0.75	0.20	0.10	0.80635	0.02255	1.61
	SC142-SC143	4.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	3.65
	SC142-SC167	3.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	2.74
	SC142-SC168	2.0	0.95	0.20	0.10	0.86771	0.02427	1.74
	SC142-SC153	2.0	0.75	0.20	0.10	0.80635	0.02255	1.61
	SC142-SC161	2.0	0.75	0.20	0.10	0.80635	0.02255	1.61
	SC162-SC142	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02517	3.60
	SC162-SC143	4.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	3.65
	SC162-SC167	2.0	0.95	0.20	0.10	0.86771	0.02427	1.74
	SC162-SC168	2.0	0.95	0.20	0.10	0.86771	0.02427	1.74
	SC162-SC153	4.0	1.00	0.00	0.00	1.00000	0.02797	4.00
	SC162-SC161	4.0	0.75	0.30	0.10	0.76726	0.02146	3.07
	SC143-SC142	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02313	2.48
	SC143-SC162	2.0	0.75	0.20	0.30	0.74669	0.02089	1.49
	SC143-SC167	4.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	3.65
	SC143-SC168	3.0	0.95	0.20	0.10	0.86771	0.02427	2.60
	SC143-SC153	2.0	0.75	0.20	0.30	0.74669	0.02089	1.49
	SC143-SC161	1.0	0.75	0.30	0.20	0.74669	0.02089	0.75
	SC167-SC142	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02517	3.60
	SC167-SC162	1.0	0.75	0.30	0.20	0.74669	0.02089	0.75
	SC167-SC143	4.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	3.65
	SC167-SC168	3.0	0.95	0.20	0.10	0.86771	0.02427	2.60
	SC167-SC153	1.0	0.75	0.30	0.20	0.74669	0.02089	0.75
	SC167-SC161	1.0	0.75	0.30	0.20	0.74669	0.02089	0.75
	SC168-SC142	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02517	3.60
	SC168-SC162	3.0	0.75	0.30	0.10	0.76726	0.02146	2.30
	SC168-SC143	3.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	2.74
	SC168-SC167	3.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	2.74
	SC168-SC153	4.0	0.75	0.30	0.10	0.76726	0.02146	3.07
	SC168-SC161	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02313	2.48
	SC153-SC142	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02517	3.60
	SC153-SC162	4.0	1.00	0.00	0.00	1.00000	0.02797	4.00

	SC153-SC143	4.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	3.65
	SC153-SC167	3.0	0.75	0.20	0.20	0.78206	0.02187	2.35
	SC153-SC168	2.0	0.95	0.20	0.10	0.86771	0.02427	1.74
	SC153-SC161	4.0	0.75	0.30	0.10	0.76726	0.02146	3.07
	SC161-SC142	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02313	2.48
	SC161-SC162	4.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	3.65
	SC161-SC143	4.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	3.65
	SC161-SC167	1.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02238	0.80
	SC161-SC168	3.0	0.95	0.20	0.10	0.86771	0.02427	2.60
	SC161-SC153	4.0	0.95	0.10	0.10	0.91340	0.02555	3.65
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	<b>23.75963</b>	<b>1</b>	

#### Quadro A2: DEMATEL – Cálculos Intermédios I

Max	21.0	18.4
1/max	0.047601	0.054335
1/s	<b>0.047600593</b>	

**Quadro A3: DEMATEL – Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X**

	SC142	SC162	SC143	SC167	SC168	SC153	SC161
SC142	0.0000	0.0768	0.1739	0.1304	0.0826	0.0768	0.0768
SC162	0.1714	0.0000	0.1739	0.0826	0.0826	0.1904	0.1461
SC143	0.1181	0.0711	0.0000	0.1739	0.1239	0.0711	0.0355
SC167	0.1714	0.0355	0.1739	0.0000	0.1239	0.0355	0.0355
SC168	0.1714	0.1096	0.1304	0.1304	0.0000	0.1461	0.1181
SC153	0.1714	0.1904	0.1739	0.1117	0.0826	0.0000	0.1461
SC161	0.1181	0.1739	0.1739	0.0381	0.1239	0.1739	0.0000

**Quadro A4: DEMATEL – Cálculos Intermédios II****Matriz I**

	SC142	SC162	SC143	SC167	SC168	SC153	SC161
SC142	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC162	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC143	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC167	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC168	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC161	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-X**

	SC142	SC162	SC143	SC167	SC168	SC153	SC161
SC142	1.0000	-0.0768	-0.1739	-0.1304	-0.0826	-0.0768	-0.0768
SC162	-0.1714	1.0000	-0.1739	-0.0826	-0.0826	-0.1904	-0.1461
SC143	-0.1181	-0.0711	1.0000	-0.1739	-0.1239	-0.0711	-0.0355
SC167	-0.1714	-0.0355	-0.1739	1.0000	-0.1239	-0.0355	-0.0355
SC168	-0.1714	-0.1096	-0.1304	-0.1304	1.0000	-0.1461	-0.1181
SC153	-0.1714	-0.1904	-0.1739	-0.1117	-0.0826	1.0000	-0.1461
SC161	-0.1181	-0.1739	-0.1739	-0.0381	-0.1239	-0.1739	1.0000

**(I-X)<sup>-1</sup>**

	SC142	SC162	SC143	SC167	SC168	SC153	SC161
SC142	1.2827	0.2682	0.4561	0.3454	0.2800	0.2768	0.2396
SC162	0.5377	1.2865	0.5751	0.3878	0.3539	0.4573	0.3720
SC143	0.3808	0.2526	1.2951	0.3725	0.3053	0.2620	0.1997
SC167	0.4062	0.2122	0.4288	1.2156	0.2964	0.2212	0.1879
SC168	0.5188	0.3644	0.5179	0.4103	1.2627	0.4032	0.3340
SC153	0.5477	0.4516	0.5856	0.4175	0.3611	1.3028	0.3766
SC161	0.4862	0.4311	0.5614	0.3427	0.3783	0.4427	1.2418



**Quadro A5: DEMATEL – Matriz T**

	SC142	SC162	SC143	SC167	SC168	SC153	SC161	R
SC142	0.2827	0.2682	0.4561	0.3454	0.2800	0.2768	0.2396	2.1489
SC162	0.5377	0.2865	0.5751	0.3878	0.3539	0.4573	0.3720	2.9704
SC143	0.3808	0.2526	0.2951	0.3725	0.3053	0.2620	0.1997	2.0679
SC167	0.4062	0.2122	0.4288	0.2156	0.2964	0.2212	0.1879	1.9683
SC168	0.5188	0.3644	0.5179	0.4103	0.2627	0.4032	0.3340	2.8112
SC153	0.5477	0.4516	0.5856	0.4175	0.3611	0.3028	0.3766	3.0429
SC161	0.4862	0.4311	0.5614	0.3427	0.3783	0.4427	0.2418	2.8842
C	3.1601	2.2666	3.4199	2.4918	2.2376	2.3660	1.9518	

## Apêndice B – Cluster 2 – Fatores Económico-Financeiros

Quadro B1: Crispificação de Valores Neutrosóficos – Cluster 2

	Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
			T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ Cluster 2 - Fatores Económico-financeiros	SC20-SC23	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05527	3.15
	SC20-SC33	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05077	2.89
	SC20-SC43	2.5	0.80	0.10	0.20	0.82679	0.05077	2.07
	SC20-SC35	3.5	0.80	0.10	0.20	0.82679	0.05077	2.89
	SC23-SC20	3.5	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.04679	2.67
	SC23-SC33	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05077	2.89
	SC23-SC43	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05527	3.60
	SC23-SC35	3.0	0.70	0.10	0.30	0.74834	0.04595	2.25
	SC33-SC20	4.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.04679	3.05
	SC33-SC23	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.05272	3.43
	SC33-SC43	3.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.04299	2.10
	SC33-SC35	2.5	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.04232	1.72
	SC43-SC20	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.05272	3.43
	SC43-SC23	2.5	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.04814	1.96
	SC43-SC33	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05527	3.60
	SC43-SC35	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04913	2.40
	SC35-SC20	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.05272	3.43
	SC35-SC23	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05527	3.60
	SC35-SC33	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05077	2.48
	SC35-SC43	2.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.04478	1.82
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	16.28422	1	

Quadro B2: DEMATEL – Cálculos Intermédios I

Max	12.6	11.4
1/max	0.079470586	0.087675982
1/s	0.079470586	

**Quadro B3: DEMATEL – Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X**

	SC20	SC23	SC33	SC43	SC35
SC20	0.0000	0.2503	0.2300	0.1643	0.2300
SC23	0.2119	0.0000	0.2300	0.2861	0.1784
SC33	0.2422	0.2729	0.0000	0.1669	0.1369
SC43	0.2729	0.1558	0.2861	0.0000	0.1907
SC35	0.2729	0.2861	0.1971	0.1449	0.0000

**Quadro B4: DEMATEL – Cálculos Intermédios II****Matriz I**

	SC20	SC23	SC33	SC43	SC35
SC20	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC23	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC33	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC43	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-X**

	SC20	SC23	SC33	SC43	SC35
SC20	1.0000	-0.2503	-0.2300	-0.1643	-0.2300
SC23	-0.2119	1.0000	-0.2300	-0.2861	-0.1784
SC33	-0.2422	-0.2729	1.0000	-0.1669	-0.1369
SC43	-0.2729	-0.1558	-0.2861	1.0000	-0.1907
SC35	-0.2729	-0.2861	-0.1971	-0.1449	1.0000

**(I-X)<sup>-1</sup>**

	SC20	SC23	SC33	SC43	SC35
SC20	2.4472	1.6261	1.5751	1.3214	1.3206
SC23	1.6678	2.4619	1.6218	1.4401	1.3195
SC33	1.5642	1.5633	2.3169	1.2642	1.1969
SC43	1.6993	1.5964	1.6485	2.2024	1.3214
SC35	1.6996	1.6876	1.5894	1.3409	2.1653

**Quadro B5: DEMATEL – Matriz T**

	SC20	SC23	SC33	SC43	SC35	R
SC20	1.4472	1.6261	1.5751	1.3214	1.3206	7.2904
SC23	1.6678	1.4619	1.6218	1.4401	1.3195	7.5111
SC33	1.5642	1.5633	1.3169	1.2642	1.1969	6.9055
SC43	1.6993	1.5964	1.6485	1.2024	1.3214	7.4680
SC35	1.6996	1.6876	1.5894	1.3409	1.1653	7.4828
C	8.0781	7.9353	7.7517	6.5691	6.3237	

## Apêndice C – Cluster 3 – Transmissão e Gestão de Conhecimento

Quadro C1: Crispificação de Valores Neutrosóficos – Cluster 3

	Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
			T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ Cluster 3 - Transmissão e Gestão de Conhecimento	SC74-SC47	3.5	0.70	0.40	0.30	0.66335	0.04105	2.32
	SC74-SC72	4.0	1.00	0.00	0.00	1.00000	0.06188	4.00
	SC74-SC68	3.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.04851	2.35
	SC74-SC49	2.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.04851	1.57
	SC47-SC74	3.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.04851	2.35
	SC47-SC72	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05116	2.48
	SC47-SC68	4.0	0.90	0.20	0.20	0.82679	0.05116	3.31
	SC47-SC49	3.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.04332	2.10
	SC72-SC74	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.60
	SC72-SC47	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04951	2.40
	SC72-SC68	3.5	0.70	0.40	0.30	0.66335	0.04105	2.32
	SC72-SC49	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05116	2.48
	SC68-SC74	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.60
	SC68-SC47	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04951	2.80
	SC68-SC72	2.0	0.60	0.50	0.20	0.61270	0.03792	1.23
	SC68-SC49	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.15
	SC49-SC74	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.15
	SC49-SC47	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.60
	SC49-SC72	3.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.04513	2.55
	SC49-SC68	4.0	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.05313	3.43
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	16.15949	1	

Quadro C2: DEMATEL – Cálculos Intermédios I

Max	12.7	12.7
1/max	0.078728	0.078514
1/s	0.078514443	

**Quadro C3: DEMATEL – Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X**

	SC74	SC47	SC72	SC68	SC49
SC74	0.0000	0.1823	0.3141	0.1847	0.1231
SC47	0.1847	0.0000	0.1947	0.2597	0.1649
SC72	0.2827	0.1884	0.0000	0.1823	0.1947
SC68	0.2827	0.2198	0.0962	0.0000	0.2473
SC49	0.2473	0.2827	0.2004	0.2696	0.0000

**Quadro C4: DEMATEL – Cálculos Intermédios II****Matriz I**

	SC74	SC47	SC72	SC68	SC49
SC74	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC47	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC72	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC68	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC49	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-X**

	SC74	SC47	SC72	SC68	SC49
SC74	1.0000	-0.1823	-0.3141	-0.1847	-0.1231
SC47	-0.1847	1.0000	-0.1947	-0.2597	-0.1649
SC72	-0.2827	-0.1884	1.0000	-0.1823	-0.1947
SC68	-0.2827	-0.2198	-0.0962	1.0000	-0.2473
SC49	-0.2473	-0.2827	-0.2004	-0.2696	1.0000

**(I-X)<sup>-1</sup>**

	SC74	SC47	SC72	SC68	SC49
SC74	2.1184	1.1421	1.1945	1.1671	0.9704
SC47	1.2791	1.9972	1.1107	1.2288	1.0070
SC72	1.3943	1.1993	2.0013	1.2197	1.0608
SC68	1.3952	1.2281	1.0974	2.0734	1.1008
SC49	1.5411	1.4184	1.3063	1.4395	2.0340

**Quadro C5: DEMATEL – Matriz T**

	SC74	SC47	SC72	SC68	SC49	R
SC74	1.1184	1.1421	1.1945	1.1671	0.9704	5.5925
SC47	1.2791	0.9972	1.1107	1.2288	1.0070	5.6227
SC72	1.3943	1.1993	1.0013	1.2197	1.0608	5.8754
SC68	1.3952	1.2281	1.0974	1.0734	1.1008	5.8949
SC49	1.5411	1.4184	1.3063	1.4395	1.0340	6.7392
C	6.7281	5.9851	5.7102	6.1285	5.1729	

## Apêndice D – Cluster 4 – Ecossistema Interno e Externo das PMEs

Quadro D1: Crispificação de Valores Neutrosóficos – Cluster 4

	Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
			T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ Cluster 4 - Ecossistema Interno e Externo das PMEs	SC86-SC102	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC86-SC81	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	3.60
	SC86-SC108	1.5	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.01934	1.05
	SC86-SC103	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02285	2.48
	SC86-SC77	2.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02285	1.65
	SC86-SC122	2.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02285	1.65
	SC102-SC86	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	3.60
	SC102-SC81	2.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02285	1.65
	SC102-SC108	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02285	2.48
	SC102-SC103	2.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02285	1.65
	SC102-SC77	2.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	1.80
	SC102-SC122	2.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	1.80
	SC81-SC86	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC81-SC102	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.00
	SC81-SC108	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC81-SC103	1.5	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.01934	1.05
	SC81-SC77	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC81-SC122	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC108-SC86	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC108-SC102	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC108-SC81	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC108-SC103	3.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	2.70
	SC108-SC77	1.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02285	0.83
	SC108-SC122	1.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02285	0.83
	SC103-SC86	3.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02106	2.29
	SC103-SC102	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC103-SC81	3.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	2.70
	SC103-SC108	3.0	0.75	0.20	0.20	0.78206	0.02161	2.35
	SC103-SC77	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC103-SC122	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC77-SC86	2.0	0.75	0.20	0.10	0.80635	0.02228	1.61
	SC77-SC102	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.00



	SC77-SC81	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC77-SC108	3.0	0.75	0.20	0.20	0.78206	0.02161	2.35
	SC77-SC103	3.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	2.70
	SC77-SC122	3.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	2.70
	SC122-SC86	2.0	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.02373	1.72
	SC122-SC102	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC122-SC81	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	0.90
	SC122-SC108	3.0	0.75	0.20	0.20	0.78206	0.02161	2.35
	SC122-SC103	3.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	2.70
	SC122-SC77	3.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02487	2.70
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	<b>36.18741</b>	<b>1</b>	

**Quadro D2: DEMATEL – Cálculos Intermédios I**

Max.	5.4	5.3
1/max.	0.185185	0.189873
1/s	0.185185185	

**Quadro D3: DEMATEL – Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X**

	SC86	SC102	SC81	SC108	SC103	SC77	SC122
SC86	0.0000	0.1667	0.1667	0.1296	0.1543	0.1543	0.1543
SC102	0.1667	0.0000	0.1543	0.1543	0.1543	0.1667	0.1667
SC81	0.1667	0.1667	0.0000	0.1667	0.1296	0.1667	0.1667
SC108	0.1667	0.1667	0.1667	0.0000	0.1667	0.1543	0.1543
SC103	0.1420	0.1667	0.1667	0.1451	0.0000	0.1667	0.1667
SC77	0.1512	0.1667	0.1667	0.1451	0.1667	0.0000	0.1667
SC122	0.1605	0.1667	0.1667	0.1451	0.1667	0.1667	0.0000

**Quadro D4: DEMATEL – Cálculos Intermédios II****Matriz I**

	SC86	SC102	SC81	SC108	SC103	SC77	SC122
SC86	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC102	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC81	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC108	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC77	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-X**

	SC86	SC102	SC81	SC108	SC103	SC77	SC122
SC86	1.0000	-0.1667	-0.1667	-0.1296	-0.1543	-0.1543	-0.1543
SC102	-0.1667	1.0000	-0.1543	-0.1543	-0.1543	-0.1667	-0.1667
SC81	-0.1667	-0.1667	1.0000	-0.1667	-0.1296	-0.1667	-0.1667
SC108	-0.1667	-0.1667	-0.1667	1.0000	-0.1667	-0.1543	-0.1543
SC103	-0.1420	-0.1667	-0.1667	-0.1451	1.0000	-0.1667	-0.1667
SC77	-0.1512	-0.1667	-0.1667	-0.1451	-0.1667	1.0000	-0.1667
SC122	-0.1605	-0.1667	-0.1667	-0.1451	-0.1667	-0.1667	1.0000

**(I-X)<sup>-1</sup>**

	SC86	SC102	SC81	SC108	SC103	SC77	SC122
SC86	4.1423	3.4153	3.3791	3.0642	3.2280	3.3390	3.3390
SC102	3.3937	4.3855	3.4820	3.1843	3.3355	3.4588	3.4588
SC81	3.3950	3.5293	4.3491	3.1946	3.3180	3.4596	3.4596
SC108	3.4294	3.5655	3.5278	4.0844	3.3795	3.4860	3.4860
SC103	3.3502	3.5022	3.4651	3.1543	4.1768	3.4334	3.4334
SC77	3.3831	3.5293	3.4920	3.1786	3.3453	4.3170	3.4599
SC122	3.4160	3.5564	3.5188	3.2029	3.3709	3.4864	4.3435

**Quadro D5: DEMATEL – Matriz T**

	SC86	SC102	SC81	SC108	SC103	SC77	SC122	R
SC86	3.1423	3.4153	3.3791	3.0642	3.2280	3.3390	3.3390	22.9069
SC102	3.3937	3.3855	3.4820	3.1843	3.3355	3.4588	3.4588	23.6985
SC81	3.3950	3.5293	3.3491	3.1946	3.3180	3.4596	3.4596	23.7052
SC108	3.4294	3.5655	3.5278	3.0844	3.3795	3.4860	3.4860	23.9586
SC103	3.3502	3.5022	3.4651	3.1543	3.1768	3.4334	3.4334	23.5153
SC77	3.3831	3.5293	3.4920	3.1786	3.3453	3.3170	3.4599	23.7051
SC122	3.4160	3.5564	3.5188	3.2029	3.3709	3.4864	3.3435	23.8948
C	23.5097	24.4835	24.2138	22.0633	23.1540	23.9801	23.9801	

## Apêndice E – Cluster 5 – Fatores Sociais

**Quadro E1: Crispificação de Valores Neutrosóficos – Cluster 5**

	Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
			T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ Cluster 5 - Fatores Sociais	SC8-SC9	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04513	2.40
	SC8-SC10	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.00
	SC8-SC15	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.00
	SC8-SC13	1.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.90
	SC9-SC8	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	3.60
	SC9-SC10	2.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	1.80
	SC9-SC15	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.00
	SC9-SC13	3.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	2.70
	SC10-SC8	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.00
	SC10-SC9	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.00
	SC10-SC15	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	3.60
	SC10-SC13	3.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	2.70
	SC15-SC8	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.00
	SC15-SC9	1.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04513	0.80
	SC15-SC10	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.00
	SC15-SC13	2.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.04664	1.65
	SC13-SC8	0.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	0.00
	SC13-SC9	2.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	1.80
	SC13-SC10	2.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	1.80
	SC13-SC15	2.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05077	1.80
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	17.72679	1	

**Quadro E2: DEMATEL – Cálculos Intermédios I**

Max	8.0	8.1
1/max	0.12572939	0.12345679
1/s	0.12345679	

**Quadro E3: DEMATEL – Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X**

	SC8	SC9	SC10	SC15	SC13
SC8	0.0000	0.2963	0.0000	0.0000	0.1111
SC9	0.4444	0.0000	0.2222	0.0000	0.3333
SC10	0.0000	0.0000	0.0000	0.4444	0.3333
SC15	0.0000	0.0988	0.0000	0.0000	0.2041
SC13	0.0000	0.2222	0.2222	0.2222	0.0000

**Quadro E4: DEMATEL – Cálculos Intermédios II****Matriz I**

	SC8	SC9	SC10	SC15	SC13
SC8	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC9	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC10	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC15	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-X**

	SC8	SC9	SC10	SC15	SC13
SC8	1.0000	-0.2963	0.0000	0.0000	-0.1111
SC9	-0.4444	1.0000	-0.2222	0.0000	-0.3333
SC10	0.0000	0.0000	1.0000	-0.4444	-0.3333
SC15	0.0000	-0.0988	0.0000	1.0000	-0.2041
SC13	0.0000	-0.2222	-0.2222	-0.2222	1.0000

**(I-X)<sup>-1</sup>**

	SC8	SC9	SC10	SC15	SC13
SC8	1.2038	0.4585	0.1871	0.1683	0.3833
SC9	0.6192	1.3932	0.4812	0.3855	0.7723
SC10	0.1047	0.2355	1.1909	0.6678	0.6234
SC15	0.0985	0.2215	0.1292	1.1375	0.3601
SC13	0.1827	0.4112	0.4003	0.4868	1.3902

**Quadro E5: DEMATEL – Matriz T**

	SC8	SC9	SC10	SC15	SC13	R
SC8	0.2038	0.4585	0.1871	0.1683	0.3833	1.4009
SC9	0.6192	0.3932	0.4812	0.3855	0.7723	2.6513
SC10	0.1047	0.2355	0.1909	0.6678	0.6234	1.8223
SC15	0.0985	0.2215	0.1292	0.1375	0.3601	0.9468
SC13	0.1827	0.4112	0.4003	0.4868	0.3902	1.8712
C	1.2088	1.7198	1.3887	1.8459	2.5292	

## Apêndice F – Cluster 6 – Fatores Ambientais

Quadro F1: Crispificação de Valores Neutrosóficos – Cluster 6

	Relação em Análise	Escala DEMATE L (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
			T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ Cluster 6 - Fatores Ambientais	S131-SC134	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC131-SC133	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC131-SC132	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC131-SC135	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC134-SC131	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC134-SC133	2.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	1.80
	SC134-SC132	2.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.04638	1.65
	SC134-SC135	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC133-SC131	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC133-SC134	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04488	2.40
	SC133-SC132	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC133-SC135	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC132-SC131	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC132-SC134	2.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	1.80
	SC132-SC133	4	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC132-SC135	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC135-SC131	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC135-SC134	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC135-SC133	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
	SC135-SC132	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05049	3.60
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	17.82679	1	

Quadro F2: DEMATEL – Cálculos Intermédios I

Max.	14.4	14.4
1/max.	0.069444444	0.069444444
1/s	0.069444444	

**Quadro F3: DEMATEL – Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X**

	SC131	SC134	SC133	SC132	SC135
SC131	0.0000	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500
SC134	0.2500	0.0000	0.1250	0.1148	0.2500
SC133	0.2500	0.1667	0.0000	0.2500	0.2500
SC132	0.2500	0.1250	0.2500	0.0000	0.2500
SC135	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.0000

**Quadro F4: DEMATEL – Cálculos Intermédios II****Matriz I**

	SC131	SC134	SC133	SC132	SC135
SC131	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC134	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC133	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC132	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-X**

	SC131	SC134	SC133	SC132	SC135
SC131	1.0000	-0.2500	-0.2500	-0.2500	-0.2500
SC134	-0.2500	1.0000	-0.1250	-0.1148	-0.2500
SC133	-0.2500	-0.1667	1.0000	-0.2500	-0.2500
SC132	-0.2500	-0.1250	-0.2500	1.0000	-0.2500
SC135	-0.2500	-0.2500	-0.2500	-0.2500	1.0000

**(I-X)<sup>-1</sup>**

	SC131	SC134	SC133	SC132	SC135
SC131	3.2363	2.0663	2.2296	2.2128	2.4363
SC134	1.9635	2.4796	1.7156	1.6954	1.9635
SC133	2.3054	1.9010	2.9153	2.0998	2.3054
SC132	2.2399	1.8184	2.0581	2.8433	2.2399
SC135	2.4363	2.0663	2.2296	2.2128	3.2363



**Quadro F5: DEMATEL – Matriz T**

	SC131	SC134	SC133	SC132	SC135	R
SC131	2.2363	2.0663	2.2296	2.2128	2.4363	11.1813
SC134	1.9635	1.4796	1.7156	1.6954	1.9635	8.8176
SC133	2.3054	1.9010	1.9153	2.0998	2.3054	10.5268
SC132	2.2399	1.8184	2.0581	1.8433	2.2399	10.1996
SC135	2.4363	2.0663	2.2296	2.2128	2.2363	11.1813
C	11.1813	9.3317	10.1482	10.0641	11.1813	