



INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA

---

**Inteligência Artificial, Sociedade 5.0 e *Smart Cities*:  
Desenvolvimento de Iniciativas de Adaptação Empresarial com  
Recurso à Abordagem DEMATEL e à Lógica Neutrosófica**

Inês Alexandra Marques Gil

Mestrado em Gestão de Empresas

Orientador:

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

Julho 2022

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

**Inteligência Artificial, Sociedade 5.0 e *Smart Cities*:  
Desenvolvimento de Iniciativas de Adaptação Empresarial com  
recurso à Abordagem DEMATEL e à Lógica Neutrosófica**

Inês Alexandra Marques Gil

Mestrado em Gestão de Empresas

Orientador:

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

Julho 2022



## AGRADECIMENTOS

A

conclusão desta dissertação representa a completude de uma etapa de enorme superação pessoal, profissional e académica, tendo apenas sido possível devido ao apoio e ajuda incondicional de algumas pessoas.

Primeiramente, e para a pessoa que demonstrou enorme paciência, orientação e confiança nas minhas capacidades, um especial agradecimento ao Professor Fernando Alberto Freitas Ferreira. Vejo nele um enorme exemplo de liderança, dedicação ao trabalho e aos seus alunos e, como tal, uma inspiração para mim.

Seguidamente, gostaria de agradecer aos membros do meu painel de especialistas: Inês Magalhães, Mário Dantas, Norberto Gil, Pedro Leite, Raúl Junqueiro e Ricardo Martins, pela disponibilidade e por terem sido pacientes e pró-ativos durante as sessões de trabalho em grupo. Adicionalmente, gostaria de agradecer à Ana Marques, coordenadora da Digitalização do Estado na Portugal Digital, que desempenhou um papel fulcral na validação e consolidação dos resultados obtidos.

Gostaria ainda de agradecer à Inês Correia e ao Mário Dantas, pela incansável ajuda durante as sessões de grupo com os especialistas, bem como durante toda a jornada de realização desta dissertação. Representaram um autêntico braço de apoio durante este processo.

Por último, e com igual importância, gostaria de agradecer a todas as pessoas importantes na minha vida, que sempre me apoiaram incondicionalmente e que partilharam palavras encorajadoras quando mais precisei. Sem estas pessoas, tenho a certeza de que este processo teria sido penoso e amargo.

A todos,  
Muito Obrigada!



# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, SOCIEDADE 5.0 E *SMART CITIES*: DESENVOLVIMENTO DE INICIATIVAS DE ADAPTAÇÃO EMPRESARIAL COM RECURSO À ABORDAGEM DEMATEL E À LÓGICA NEUTROSÓFICA

## RESUMO

O crescimento desmedido da população em áreas urbanas conduz a consequências no que toca ao funcionamento dos atuais serviços existentes nas cidades. Assim, de modo a estudar e a desenvolver soluções para os demais desafios emergentes deste fenómeno, torna-se pertinente falar em *smart cities* e Sociedade 5.0, uma vez que estas têm como foco a multidimensionalidade e a adaptabilidade às necessidades e realidade dos cidadãos. Alicerçando estes dois temas, encontra-se a tecnologia, neste caso em particular, a Inteligência Artificial (AI). Esta possuiu um papel transformador, disruptivo e capacitivo na exponenciação de serviços que vão ao encontro das necessidades da realidade em análise, dado permitir automatizar tarefas, operacionalizar eficientemente serviços e processar enormes quantidades de dados. Neste sentido, o plano estratégico relativo à adaptação às *smart cities*, Sociedade 5.0 e AI requer o envolvimento de múltiplos *stakeholders*, incluindo as empresas. Desta forma, esta dissertação propõe a criação de um modelo de análise multicritério de apoio à tomada de decisão que ajude a estruturar e avaliar o tema em análise, tendo em conta a subjetividade e a complexidade inerentes ao mesmo. O desenvolvimento do modelo apenas foi possível recorrendo à colaboração de decisores com experiência profissional relevante na temática. A criação do modelo passou, primeiramente, pelo recurso ao mapeamento cognitivo e, posteriormente, pela aplicação da técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) em ambiente neutrosófico, a fim de analisar as dinâmicas entre iniciativas (*i.e.*, relações causa-efeito). Os contributos e as limitações resultantes da aplicação metodológica são também objeto de análise.

**Palavras-Chave:** AI; Apoio à Tomada de Decisão; DEMATEL; Lógica Neutrosófica; Mapeamento Cognitivo; *Smart Cities*; Sociedade 5.0.

**Códigos JEL:** M1, M15, O32.

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE, SOCIETY 5.0 AND SMART CITIES:  
DEVELOPMENT OF BUSINESS ADAPTATION INITIATIVES USING DEMATEL  
AND NEUTROSOPHIC LOGIC**

**ABSTRACT**

**T**he disproportionate migration of population to urban areas results in unprecedented negative effects on current existing services within cities. Therefore, to study and develop solutions for emerging challenges, it has become appropriate to discuss the new paradigm of smart cities and Society 5.0, which focus on various dimensions of the problem and deliver adaptability to citizens' needs. Underlying these two topics is technology, in particular Artificial Intelligence (AI). With transformational and disruptive power, AI facilitates the expansion of services that meet the needs of the reality under analysis, allows for task automation, efficient operationalization of services, and processing of huge amounts of data. A strategic plan that empowers adaptation to smart cities, Society 5.0 and AI requires the involvement of multiple stakeholders, including companies. Thus, this dissertation proposes the creation of a multi-criteria analysis model to support decision making in this study context, considering the topic's subjective nature and intrinsic complexity. The model-building process was possible through the collaboration of key decision makers with relevant professional expertise. Methodologically, cognitive mapping was used first, followed by *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) in a neutrosophic environment to analyze the dynamics between initiatives (*i.e.*, cause-and-effect relationships). The contributions and limitations resulting from this study are also discussed.

**Keywords:** AI; Cognitive Mapping; Decision-making Support; DEMATEL; Neutrosophic Logic; *Smart Cities*; Society 5.0.

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

## SUMÁRIO EXECUTIVO

**F**ruto do fenómeno da urbanização, as cidades deparam-se com uma enorme pressão nas diferentes dimensões de gestão dos seus recursos e serviços. O continuo êxodo rural para meios citadinos origina desequilíbrios económicos, sociais e ambientais. Neste sentido, é necessário repensar a génese de uma cidade, a fim de possibilitar a sua personalização de acordo com as necessidades dos seus cidadãos. Esta transformação incrementa o interesse na materialização do conceito de *smart city*, tendo em conta a abordagem de paradigma da Sociedade 5.0. Quer-se com isto dizer, uma sociedade interconectada tecnologicamente e, não obstante, centralizada no indivíduo como forma de potenciar inovação e fomentar a competitividade económica. Assim, estritamente relacionada com estes conceitos, encontra-se a tecnologia e, particularmente, a Inteligência Artificial (IA). A integração de tecnologias de AI permite desenvolver estratégias de diferenciação, bem como automatização de processos e eficiente operacionalização dos mesmos. Adicionalmente, permite a análise das enormes quantidades de dados necessárias para se atingir e materializar os conceitos de *smart city* e Sociedade 5.0, a fim de possibilitar uma resposta mais eficaz às necessidades da cidade e dos seus cidadãos. A tecnologia AI pode ainda facilitar a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, quer através da sua utilização direta no quotidiano, quer através do usufruto de um ambiente mais próspero e sustentável. No entanto, nem tudo são vantagens, pois tanto as *smart cities*, Sociedade 5.0 e AI enfrentam desafios no que retrata à coabitação de humanos e máquinas, bem como ao equilíbrio entre ambos. A presente dissertação centra-se na adaptação das empresas, *stakeholder* essencial para impulsionar a adoção às *smart cities*, Sociedade 5.0 e AI. Assim, esperamos produzir um modelo que auxilie os processos de tomada de decisão em iniciativas deste âmbito. Face à falta de estudos que possuam uma visão holística desta problemática, bem como às limitações encontradas na literatura no que respeita à: (1) incapacidade de analisar critérios subjetivos; (2) reduzida equação de cenários; e (3) escassez de análises dinâmicas das variáveis, foi escolhida uma abordagem construtivista ao processo de apoio à tomada de decisão. Assim, a presente dissertação recorreu à abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), nomeadamente através da aplicação da técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). Esta técnica permite estabelecer e analisar relações de causa-efeito entre iniciativas em avaliação. Adicionalmente, a sua conjugação com a lógica neutrosófica permite incorporar a incerteza associada a cada decisão, característica da vida real. Na prática, a concretização da presente dissertação passou,



primeiramente, pela identificação de iniciativas e de desafios da adaptação empresarial à trilogia em discussão (*i.e.*, AI, Sociedade 5.0 e *smart city*), junto de decisores especialistas na área. Deste modo, recorreu-se ao mapeamento cognitivo, tendo sido obtidos 111 critérios estruturados em quatro *clusters* (*i.e.*, *Legislação e Políticas Públicas*; *Tecnologia*; *Performance*; e *Pessoas*). Para cada um destes *clusters*, foram selecionadas as iniciativas de adaptação mais relevantes para responder à problemática em estudo. A segunda etapa centrou-se na aplicação da técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico, a fim de determinar causalidades entre as iniciativas selecionadas. Por fim, a última etapa, diz respeito à sessão de validação do estudo com a coordenadora da digitalização do Estado. A aplicabilidade do modelo proposto enquadra-se na apreciação aquando da definição estratégica, a médio-longo prazo, de iniciativas associadas à temática aqui abordada.

# ÍNDICE GERAL

Capítulo 1 – Introdução Geral .....	1
1.1. Enquadramento do Tema .....	1
1.2. Hierarquia de Objetivos de Investigação .....	2
1.3. Orientação Epistemológica e Metodologia de Investigação .....	2
1.4. Estrutura .....	2
1.5. Resultados Esperados .....	3
Capítulo 2 – Revisão da Literatura .....	5
2.1. Inteligência Artificial, <i>Smart City</i> e Sociedade 5.0: Trilogia e Conceitos .....	5
2.2. Adaptação Empresarial: Desafios e Oportunidades .....	9
2.3. Estudos Relacionados .....	11
2.4. Limitações Metodológicas Gerais .....	13
<i>Sinopse do Capítulo 2</i> .....	14
Capítulo 3 – Abordagem Epistemológica e Metodologia .....	15
3.1. A Estruturação de Problemas Complexos .....	15
3.1.1. Mapeamento Cognitivo: Princípios Orientadores .....	17
3.1.2. Lógica Neutrosófica .....	19
3.1.3. Potenciais Contributos para a Adaptação Empresarial à Trilogia IA-SC-S5.0 .....	21
3.2. Avaliação Multicritério .....	21
3.2.1. Exposição da Técnica DEMATEL .....	22
3.2.2. Vantagens e Limitações .....	25
3.1.3. Potenciais Contributos para a Adaptação Empresarial à Trilogia IA-SC-S5.0 .....	25
<i>Sinopse do Capítulo 3</i> .....	27

Capítulo 4 – Aplicação e Análise de Resultados .....	29
4.1. Elaboração da Estrutura Cognitiva de Base .....	29
4.2. Aplicação da Lógica Neutrosófica e da Técnica DEMATEL .....	31
4.3. Consolidação de Resultados, Limitações e Recomendações .....	42
<i>Sinopse do Capítulo 4</i> .....	44
Capítulo 5 – Conclusão .....	45
5.1. Principais Resultados e Limitações da Aplicação .....	45
5.2. Reflexões e Implicações Teórico-Práticas para a Gestão .....	46
5.3. Futura Investigação .....	47
Referências Bibliográficas .....	49
Apêndices .....	55

# ÍNDICE DE FIGURAS E QUADROS

## FIGURAS

Figura 2.1. Processo Cíclico de <i>Data, Information e Knowledge</i> na Sociedade 5.0 .....	8
Figura 3.1. Exemplo de um mapa cognitivo .....	18
Figura 3.2. Esquema Conceptual de um Mapa Cognitivo Neutrosófico .....	19
Figura 3.3. Diagrama de Relações .....	25
Figura 4.1. Processo Metodológico Adotado .....	30
Figura 4.2. Mapa Cognitivo Base .....	32
Figura 4.3. Diagrama de Relações – <i>Inter-Cluster</i> .....	38
Figura 4.4. Diagrama de Relações – <i>Cluster 1</i> .....	39
Figura 4.5. Diagrama de Relações – <i>Cluster 2</i> .....	40
Figura 4.6. Diagrama de Relações – <i>Cluster 3</i> .....	41
Figura 4.7. Diagrama de Relações – <i>Cluster 4</i> .....	42

## QUADROS

Quadro 2.1. Estudos Realizados: Contributos e Principais Limitações .....	12
Quadro 4.1. Clusters (C) Resultantes da 1ª Sessão e Seleção de Critérios (SC) Resultantes da 2ª Sessão .....	33
Quadro 4.2. Matriz <i>Inter-Clusters</i> com Valores Neutrosóficos Resultantes da 2ª Sessão .	34
Quadro 4.3. Crispificação de Valores Neutrosóficos – <i>Inter-Cluster</i> .....	35
Quadro 4.4. Matriz Inicial de Influência Direta – <i>Inter-Cluster</i> .....	35
Quadro 4.5. Cálculos Intermédios .....	35
Quadro 4.6. Matriz de Influência Direta Normalizada, X – <i>Inter-Clusters</i> .....	36
Quadro 4.7. Matriz T com os Respetivos Cálculos Intermédios – <i>Inter-Cluster</i> .....	36
Quadro 4.8. Interações <i>Inter-Cluster</i> .....	37
Quadro 4.9. Interações entre Iniciativas no <i>Cluster 1</i> .....	39
Quadro 4.10. Interações entre Iniciativas no <i>Cluster 2</i> .....	40
Quadro 4.11. Interações entre Iniciativas no <i>Cluster 3</i> .....	41
Quadro 4.12. Interações entre Iniciativas no <i>Cluster 4</i> .....	42

## GLOSSÁRIO

AI	– <i>Artificial Intelligence</i>
ANN	– <i>Artificial Neural Network</i>
BD	– <i>Big Data</i>
CPS	– <i>Cyber-Physical Space</i>
DEMATEL	– <i>DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory</i>
DL	– <i>Deep Learning</i>
IoT	– <i>Internet of Things</i>
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
MCDM	– <i>Multiple Criteria Decision Making</i>
ML	– <i>Machine Learning</i>
NCM	– <i>Neutrosophic Cognitive Mapping</i>
NGT	– <i>Nominal Group Technique</i>
OR	– <i>Operational Research</i>
PSM	– <i>Problem Structuring Method</i>
TIC	– <i>Tecnologias de Informação e Comunicação</i>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1. Enquadramento do Tema

A urbanização projeta-se como um dos maiores desafios a nível mundial, sendo estimado que, até 2050, 60% a 70% da população mundial habite em cidades (Singh & Sobti, 2022). Como consequência deste facto, a forma como os recursos são atualmente utilizados terá de mudar, a fim de responder à pressão do aumento populacional nas zonas urbanas e à desertificação das zonas rurais. Deste modo, estas pressões sentir-se-ão não só nos serviços de transporte e saúde, como também em sectores como a Agricultura para fornecimento de alimentos (Singh & Sobti, 2022). Associado a este cenário, está a necessidade de procurar solucionar as questões de forma ambientalmente consciente e eficiente e, como tal, confirma-se que os desafios se estendem desde o plano ambiental, ao plano económico e ao plano social (Caird, 2018).

Assim sendo, parece importante perceber e desenvolver *smart cities*, bem como o conceito de Sociedade 5.0. De forma simplista, quer isto dizer que é necessário que o desenvolvimento tecnológico esteja presente não só no dia-a-dia das pessoas como, também, nos serviços existentes que as rodeiam, a fim de potenciar inovação e crescimento económico sustentados no bem-estar de cada indivíduo (Bartoloni *et al.*, 2022).

Perante as demais tecnologias existentes, as que têm maior contribuição neste novo paradigma de Sociedade 5.0 e de cidades “inteligentes” são as que permitem conectividade e recolha/processamento de dados (Singh & Sobti, 2022). A Inteligência Artificial (IA) assume um papel preponderante na análise dos dados, no apoio à gestão das cidades e nos processos de apoio à tomada de decisão (Allam & Dhunny, 2019). Neste sentido, o tema escolhido centra-se na análise das iniciativas e dos desafios de adaptação das empresas à trilogia: *smart city*, Sociedade 5.0 e AI, com recurso ao mapeamento cognitivo e à técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) em ambiente neutrosófico.

## 1.2. Hierarquia de Objetivos de Investigação

Decorrente da complexidade e da subjetividade da temática em questão, emparelhada com as limitações observadas da realização de estudos anteriores, verificou-se a necessidade de abordar e entender a problemática em discussão utilizando uma abordagem diferente. Neste sentido, a presente dissertação recorre a uma abordagem multicritério para ***desenvolver um modelo de análise dinâmica entre iniciativas e desafios de adaptação empresarial ao contexto smart city, Sociedade 5.0 e AI, com recurso à aplicação do mapeamento cognitivo e da técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico.***

Este modelo procura, com a adoção de uma lógica construtivista, estabelecer e analisar as relações de causa-efeito entre os critérios identificados (*i.e.*, iniciativas e desafios de adaptação) bem como, paralelamente, incentivar a partilha e o pensamento crítico entre os especialistas envolvidos no estudo. Por fim, após obtidos os resultados, torna-se importante averiguar a aplicabilidade do modelo.

## 1.3. Orientação Epistemológica e Metodologias de Investigação

A combinação metodológica (*i.e.*, mapeamento cognitivo, DEMATEL e lógica neutrosófica) procura consolidar, no modelo, a subjetividade elencada a problemáticas reais e complexas.

O processo metodológico adotado divide-se em duas partes, sendo que, para ambas, será utilizado um grupo de especialistas com *know-how* em tecnologias AI, *smart cities* e negócio em geral. Primeiramente, na fase de estruturação do problema, será utilizado o mapeamento cognitivo visando identificar iniciativas e agrupá-las por *clusters*. Seguidamente, a técnica DEMATEL será utilizada a fim de analisar as relações de causalidade entre as múltiplas iniciativas identificadas e integrantes no modelo. A lógica neutrosófica incorporada na abordagem DEMATEL permitirá incorporar fatores de incerteza associados à tomada de decisões, ao invés de considerar apenas a veracidade ou falsidade das decisões tomadas.

## 1.4. Estrutura

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos suportados por referências bibliográficas. Sumariamente, os capítulos apresentam-se da seguinte forma:

- *Capítulo 1* – remete para a presente introdução onde é realizado um pequeno enquadramento do tema, bem como apresentados, sumariamente, os objetivos, a metodologia e os principais resultados esperados com a investigação;
- *Capítulo 2* – referente à revisão da literatura, procurará, numa primeira instância, aprofundar os conceitos de *smart city*, Sociedade 5.0 e AI, bem como explorar a relação entre eles. Seguidamente, serão analisados diferentes contributos para a temática, onde serão exploradas as limitações metodológicas;
- *Capítulo 3* – abordará o enquadramento metodológico, começando por explorar e justificar a escolha das técnicas de estruturação de problemas complexos, bem como elencar os seus contributos no estudo desta temática. Adicionalmente, apresentar-se-á a avaliação multicritério onde se procurará expor a técnica DEMATEL, identificando as suas vantagens e limitações;
- *Capítulo 4* – respeitante à apresentação e análise dos resultados obtidos, materializa a componente empírica da dissertação;
- *Capítulo 5* – concluirá a dissertação, resumindo os principais resultados obtidos, bem como fazendo uma reflexão sobre as suas implicações e limitações, a fim de propor sugestões para futuras investigações.

## 1.5. Resultados Esperados

A presente dissertação, através da utilização da análise multicritério de apoio à tomada de decisão, procurará apresentar um modelo constituinte de uma visão holística sob a temática, que ajude a estruturar a análise da adaptação das empresas à trilogia AI, Sociedade 5.0 e *smart city*.

Ao combinar técnicas construtivistas, é esperado que o modelo proporcione transparência e simplicidade à análise, permitindo a identificação das relações de causa-efeito entre os determinantes. Espera-se ainda que, da interpretação dessas relações, possam ser realizadas recomendações, bem como ultrapassar limitações de estudos anteriormente realizados. Para concluir, também se espera que os resultados deste estudo sejam publicados numa revista científica. Só assim é possível a temática continuar a ganhar pertinência e estimular investigações futuras.





O conceito de *smart cities* tem vindo a crescer em popularidade, tanto para investigadores como para governos e demais *stakeholders*, impulsionado pela rápida e contínua evolução tecnológica. Alavancado pela Indústria 4.0, o conceito e objetivo das *smart cities* são, agora, complementados por uma nova conceção da sociedade, designada por *Sociedade 5.0* ou *super smart city*. A Sociedade 5.0 procura, através da utilização de AI, revolucionar a sociedade em que vivemos. Assim, este capítulo procura aprofundar os conceitos e os fundamentos da adaptação da *smart city* à Sociedade 5.0. Para tal, encontra-se dividido nos seguintes pontos: (1) trilogia e conceitos basilares da AI, *smart city* e Sociedade 5.0; (2) desafios e oportunidades na sua adoção empresarial; (3) identificação e análise de estudos realizados, salientando os seus contributos e limitações; e, por último, (4) apresentação de limitações metodológicas gerais dos estudos existentes, de forma a criar espaço para a proposta metodológica a desenvolver no âmbito da presente dissertação.

#### 2.1 Inteligência Artificial, *Smart City* e Sociedade 5.0: Trilogia e Conceitos

A migração de população de zonas rurais para áreas urbanas à procura de melhores condições de vida não é um fenómeno recente. Contudo, ao ritmo a que a população mundial continua a crescer, os desafios inerentes a esta deslocação em massa tornam necessária a adoção de diferentes metodologias que permitam fazer face à complexidade dos núcleos urbanos nesta adaptação desmedida à extensão da zona urbana.

Apesar das cidades ocuparem apenas 2% da superfície terrestre, estas acomodam mais de metade da população mundial e consomem até 75% dos recursos naturais da terra (United Nations (UN), 2011), tornando necessário que “*as our planet becomes more urban, the cities have to become smarter*” (Eremia, Toma, & Sanduleac, 2017, p. 13). Nesta ótica, o conceito de *smart city* tornou-se importante por incorporar elementos de sustentabilidade e de inclusão social, sendo igualmente sustentado pela evolução tecnológica (Deakin, 2015).

Na literatura, não existe uma definição universal do conceito de *smart city*. Contudo, dado o contexto de constante inovação tecnológica a que estamos subjugados, bem como

devido às diferentes áreas que podem tornar uma cidade “smart”, Caragliu, Bo e Nijkamp (2011, p. 70), salientam que “*a city is smart when investments in human and social capital and traditional (transport) and modern (ICT) communication infrastructure fuel sustainable economic growth and a high quality of life, with a wise management of natural resources, through participatory governance*”, sendo esta uma visão holística do conceito. Também segundo Lim, Cho e Kim (2021), os diferentes tópicos que endereçam cada dimensão do conceito de *smart city* podem ser agrupados em três *clusters*, nomeadamente: (1) *smart technologies*; (2) *smart services*; e (3) *smart policies*. Sumariamente, as *smart technologies* focam-se em tecnologia da informação e comunicação (TIC) de modo a possibilitar a recolha de dados e a conectividade. Os *smart services* englobam os diversos *use cases*, como por exemplo: gestão dos recursos energéticos e água, veículos conectados, etc. Por fim, as *smart policies* são centradas no bem-estar dos cidadãos.

Justificado pelo facto de uma *smart city* ser um sistema de sistemas (cf. Costa & Oliveira, 2020), é possível, de forma complementar ao sistema apresentado por Lim *et al.* (2021), subcategorizar os *smart services* e as *smart policies* em seis dimensões, nomeadamente: (1) *smart economy*; (2) *smart people*; (3) *smart governance*; (4) *smart mobility*; (5) *smart environment*; e (6) *smart living* (Albino, Berardi, & Dangelico, 2015; Giffinder *et al.*, 2007). O denominador comum a todas estas dimensões é a tecnologia que as suporta (*i.e.*, *Internet of Things* (IoT)). De forma bastante simplificada, a IoT consiste num “*group of infrastructures interconnecting connected objects and allowing their management, data mining and the access to the data they generate*” (Dorsemaine, Gaulier, Wary, Kheir, & Urien, 2015, p. 73).

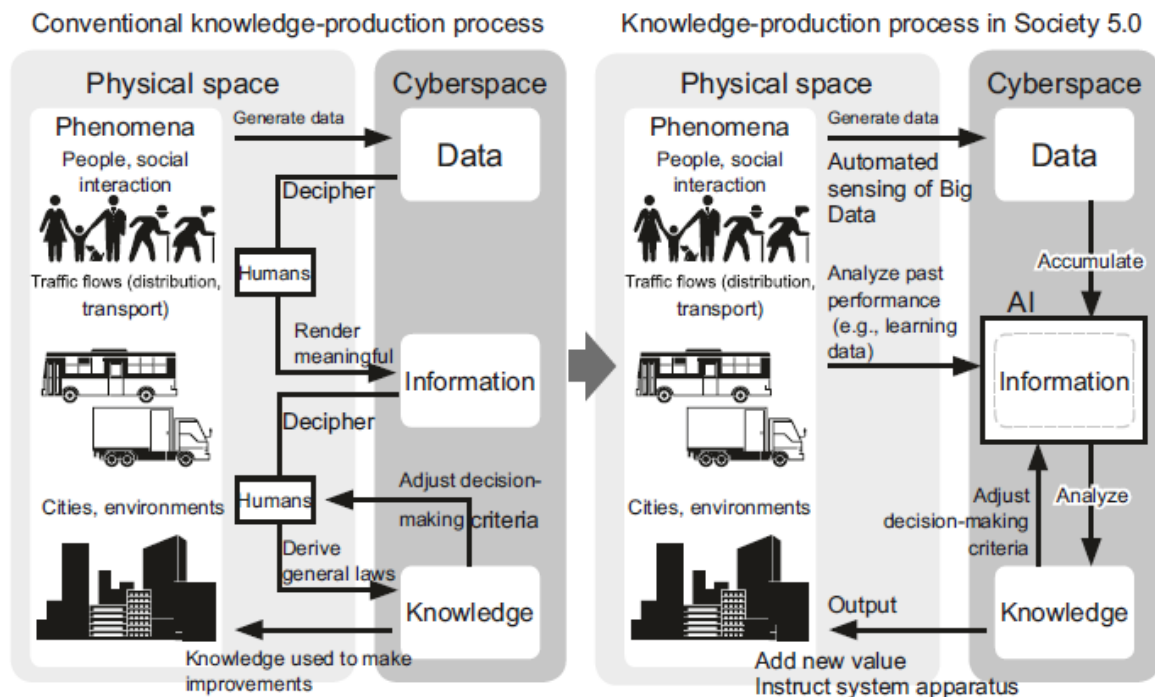
Sucintamente, a *smart economy* promove uma economia sustentada na inovação como via para fomentar a competitividade, atrair investimento e novos negócios. *Smart people* servem-se da tecnologia para facilitar o acesso à educação e ao mercado de trabalho, bem como à criação de espaços de incentivo à prosperidade e à inovação da cidade e/ou da comunidade. Por sua vez, a *smart governance* recorre à tecnologia para melhorar o processo de tomada de decisão e de relação/interação entre governo e diferentes *stakeholders*. A *smart mobility* foca-se na eficiência e na qualidade de serviço dos transportes e infraestruturas, enquanto o *smart environment* procura uma gestão eficiente de recursos como forma de preservar o ambiente. Por último, *smart living* procura promover a literacia e a inclusão social e digital, a fim de melhorar a saúde e cuidado de idosos, melhorar condições de habitação, etc. (Nagy & Hajrizi, 2019). Em suma, tendo em conta os objetivos específicos de cada componente, uma *smart city* pretende mitigar os obstáculos inerentes à urbanização, proporcionando sustentabilidade

económica, social e ambiental, a fim de melhorar a qualidade de vida dos seus cidadãos (Angelidou, 2015).

O conceito “*smart*” surgiu primeiramente associado à indústria da manufatura, quando o governo alemão lançou, em 2011, um conjunto de iniciativas de transformação tecnológica, (i.e., “*Smart Manufacturing for the Future*” (Demir, Doven, & Sezen, 2019)). O objetivo deste plano de ações era aumentar a eficiência e a produtividade da indústria da manufatura com recurso à utilização de tecnologias como IoT, robótica e AI. Nesse momento, surgiu o conceito de *Indústria 4.0*, que propunha (re)imaginar a era industrial (Demir *et al.*, 2019; Zhou, Liu, & Zhou, 2015). O princípio da 4ª revolução industrial assentou, assim, na convergência do mundo físico (i.e., *physical space* ou *real-world*) com o virtual (i.e., *cyberspace*) (Acatech, 2013), sendo a envolvimento do que constitui uma *smart factory* o principal enfoque da Indústria 4.0. Ou seja, *smart mobility*, *smart logistics*, *smart grids*, *smart products* e *smart buildings* (Acatech, 2013). Foi assim que começou a ganhar notoriedade o conceito de *smart city* como possível solução para endereçar problemas que advinham (e advêm) da intensa urbanização.

Em 2016, surge, no Japão, o conceito de *Sociedade 5.0*, também designado por *super smart city*, que procura expandir o conceito de *smart city* e aplicá-lo à sociedade como um todo. Ao invés de ser apenas possível elencar soluções a problemas associados a serviços numa única cidade, passa a ser objetivo fazê-lo estabelecendo relações entre múltiplas cidades e/ou sociedades (Hitachi-UTokyo, 2020). Com efeito, segundo o governo japonês, uma Sociedade 5.0 deve, “*through the high degree of merging between cyberspace and physical space, be able to balance economic advancement with the resolution of social problems by providing goods and services that granularly address manifold latent needs regardless of locale, age, sex, or language to ensure that all citizens can lead high-quality lives full of comfort and vitality*” (Hitachi-UTokyo, 2020, p. 11). Deste modo, os elementos-chave para o sucesso da Sociedade 5.0, que impulsionam a inovação social, são: dados; informação; e conhecimento (Hitachi-UTokyo, 2020). Sumariamente, dados referem-se a acontecimentos do *physical space* representados através de valores numéricos ou binários (i.e., 1 ou 0), nomes ou estados e que permitem perceber a ausência ou a presença de certos atributos (Hitachi-UTokyo, 2020). Informação, por seu turno, congrega dados que foram selecionados e processados através de métodos computacionais, a fim de ser possível atribuir um significado aos mesmos (Chen *et al.*, 2009; Hitachi-UTokyo, 2020). Por fim, o conhecimento traduz a informação compreendida e analisada e que permite facilitar a tomada de decisões (Chen *et al.*, 2009; Hitachi-UTokyo, 2020). Neste sentido, é estabelecido um processo cíclico capaz de melhorar continuamente a sociedade, através da análise de dados no *cyberspace* relativos ao *physical space*, a fim de obter

soluções que serão posteriormente implementadas no *physical space* e cujos *outcomes* serão novamente analisados e avaliados no *cyberspace*. A Figura 2.1 permite visualizar esta dinâmica.



**Figura 2.1.** Processo Cíclico de *Data*, *Information* e *Knowledge* na Sociedade 5.0

Fonte: Hitachi-UTokyo (2020).

Na base deste processo, existem três tecnologias para o sustentar: (1) IoT, já sumarizada anteriormente; (2) *Big Data* (BD); e (3) AI. A TechAmerica Foundation (2012, p. 10) define BD como “*large volumes of high velocity, complex and variable data that require advanced techniques and technologies to enable the capture, storage, distribution, management, and analysis of the information*”. Esta é também caracterizada por seis “Vs”, nomeadamente: (1) volume, referente à quantidade de dados; (2) variedade da heterogeneidade estrutural dos *datasets* (*i.e.*, estruturados, semiestruturados e não-estruturados); (3) velocidade, na produção e análise dos dados; (4) veracidade, relativa à qualidade e confiabilidade dos dados; (5) variabilidade, referente à flutuação no fluxo dos dados; e, por último, (6) valor na produção de *insights* (Gandomi & Haider, 2015).

De modo a fazer face à complexidade inerente à análise de BD, existem técnicas avançadas, como a AI, que permitem a criação de modelos aproximados da realidade, sendo o seu objetivo máximo espelhá-la “na perfeição”. Segundo Jonh McCarthy, AI é “*the science*

*and engineering of making intelligent machines, especially intelligent computer programs”* (cf. Cioffi, Travaglioni, Piscitelli, Petrillo, & De Felice, 2020, p. 1). Por outras palavras, AI aplica-se quando as máquinas conseguem “reproduzir” funções cognitivas associadas à mente humana, como a capacidade de aprender e solucionar problemas (Ongsulee, 2017). Associado à AI, existem dois outros ramos da ciência computacional, especificamente: (1) *Machine Learning*, que traduz “*computers with the ability to learn without being explicitly programmed*” (Kalali, Richerson, Ouzunova, Westphal & Miller, 2019, p. 229); e (2) *Deep Learning*, que “*uses algorithms called Artificial Neural Networks (ANNs), which are inspired by the structure and function of the brain and are capable of self-learning. ANNs are trained to “learn” models and patterns rather than being explicitly told how to solve a problem*” (Gupta, 2018, p. 23).

Em suma, a Sociedade 5.0 procura elevar o conceito de *smart city* tendo em vista a expansão do horizonte da sua aplicação (*i.e.*, de cidadão para intercidades e/ou sociedades), com recurso à utilização de tecnológicas como o IoT, BD e AI para a criação de uma rede virtual complexa capaz de espelhar a realidade física e solucionar problemas sociais, ambientais e económicos. Para Granrath (2017), a visão da Sociedade 5.0 consiste em “*to build a new economy and society which focuses on individuals*”. Ainda assim, é necessário avaliar as oportunidades e os desafios inerentes a estes conceitos, os quais serão abordados no ponto.

## **2.2 Adaptação Empresarial: Desafios e Oportunidades**

No ponto anterior, procurou-se, primeiramente, compreender o conceito de *smart city*, bem como expor as múltiplas dimensões associadas ao conceito, a fim de perceber a complexidade proposta por uma Sociedade 5.0 ao interligar múltiplas cidades e/ou sociedade(s). A Sociedade 5.0 procura, assim, resolver dilemas e criar uma sociedade centrada na sua população. Contudo, para tal, necessita de estabelecer *target metrics*, bem como as funções que a política e a tecnologia desempenham na sua consecução (Hitachi-UTokyo, 2020).

Através da tecnologia, as *smart cities* recolhem grandes quantidades de dados sobre uma infinidade de aspetos da vida urbana, a partir de objetos e de *stakeholders* (Allam & Dhunny, 2019). A partir daqui, será possível a fusão do *cyber* e *physical spaces* num único sistema (*i.e.*, *cyber-physical space* (CPS)). Ao invés de múltiplos sistemas separados – como acontece numa *smart city* –, a Sociedade 5.0 pretende que estes estejam todos “embebidos” num único sistema.

Atualmente, inúmeras cidades europeias possuem iniciativas *smart* a fim de atingir, por exemplo, metas ambientais propostas não só a nível local, mas também europeu e/ou mundial. Em Barcelona, por exemplo, o governo regional da Catalunha utiliza sensores de monitorização de dados urbanos para medir a qualidade do ar e o nível de poluição sonora a fim de, com os resultados obtidos, ser possível o reajuste do tráfego com o intuito de diminuir a poluição nas zonas em alerta (Hitachi-UTokyo, 2020). Contudo, o exemplo mais avançado de inovação numa *smart city* – e que mais se aproxima da visão de tornar uma cidade um sistema único (*i.e.*, Sociedade 5.0) – surge em Copenhaga. O projecto “*City Data Exchange*”, lançado pela Cleantech Cluster, é um *marketplace* de troca de BD, que pretende criar uma infraestrutura que permita comprar, vender e partilhar dados disponibilizados por entidades públicas e privadas, num modelo de *Software-as-a-Service* (SaaS), de modo a ser exequível otimizar os serviços da cidade, para que esta se torne na primeira cidade mundial a alcançar a neutralidade carbónica até 2025 (Hitachi-UTokyo, 2020; Copenhagen Solutions Lab, 2018).

Importa ter presente, no entanto, que esta visão ou capacidade de integração da informação num sistema único entre as diferentes indústrias ou sectores, sustentado pelas tecnológicas IoT, BD e AI, está longe de ser um caminho fácil de talhar. Alguns dos maiores entraves são: (1) regulamentação, uma vez que se tratam de dados “sensíveis” e cada país possui as suas próprias leis no que toca à privacidade da informação dos utilizadores; (2) segurança; (3) linguagem técnica, na medida em que, muitas vezes, os conceitos técnicos utilizados possuem diferentes conotações dependentes do sector, da indústria ou mesmo das empresas, dificultando interações e consensos; (4) capacidade técnica endereçada à criação de toda a *cyber* arquitetura e infraestrutura; (5) *compliance*, criação de *standards* e ISOs capazes de reger a complexidade técnica; (6) equilíbrio entre os “*best interests of society as a whole (resolution of social issues) with the best interests of individuals (people-centric society)*” (Hitachi-UTokyo, 2020, p. 41); e (7) ceticismo associado ao papel da AI em conseguir endereçar problemas relativos *bias* e discriminação, bem como de vigilância.

Apesar dos desafios, a Sociedade 5.0 pode ser vista como um espaço de criação de oportunidades de negócio, uma vez que existe um “*shift from data monopolies to open data, that will generate new business opportunities. Traditionally, companies have gained profits by monopolizing their customer and marketing data. From now on, companies will create new business opportunities by releasing their datasets as open data (after ensuring human security) and sharing them with others in cyberspace. While paying due attention to personal information protection, companies will publicly release data that they were unable to fully analyze themselves*” (Hitachi-UTokyo, 2020, p. 169). Assim, ao serem encontrado *gaps* e/ou

sinergias, será possível oferecer não só melhores serviços como também fomentar novas oportunidades de negócio. Seguidamente, serão analisados alguns estudos relacionados com a temática proposta, mencionando aos seus contributos e limitações.

## 2.3 Estudos Relacionados

A fim de avaliar a capacidade de cada país na adaptação à transformação digital, o *Network Readiness Index* (NRI) (Portulans Institute, 2020) baseia a sua avaliação em quatro pilares, cada um deles composto por três sub-pilares, gerando um total de 60 indicadores. A razão pela qual o modelo NRI se assenta em quadro pilares – *i.e.*, tecnologia, pessoas, *governance* e impacto – é porque *“people and technology will increasingly interact as collaborators and partners. To ensure a positive and inclusive impact on society and business, appropriate governance mechanisms need to be implemented to address issues related to trust, security and inclusion”* (Portulans Institute, 2020, p. 25).

Um estudo realizado pela Portulans Institute (2020) indica que os países mais *“future-ready”* são: Suécia, Dinamarca e Singapura. No entanto, no que toca às tecnologias do futuro (*i.e.*, AI, e-commerce e 5G), os líderes mundiais são os rivais EUA e China. Um outro estudo realizado, em 2020, pelo departamento de economia e assuntos sociais da United Nations (*cf.* UN, 2020), revelou, em particular, a positiva resposta dada pela comunidade científica à pandemia através da partilha de informação. Esta partilha permitiu a sequenciação, um pouco por todo o mundo, do genoma do vírus, a fim de criar múltiplos *kits* de teste. Adicionalmente, acelerou o processo de criação de protótipos de vacinas (UN, 2020). Este esforço colaborativo demonstrado pela comunidade científica mostra o poder da partilha de informação entre entidades, indo assim ao encontro dos diferentes propósitos do conceito de Sociedade 5.0 – *i.e.*, utilização de tecnologia de modo a elencar e solucionar problemas que visam a melhoria da qualidade de vida e serviços proporcionados aos cidadãos. Seguidamente, o *Quadro 2.1* resume alguns dos estudos que demonstram a aplicabilidade de tecnologias numa multiplicidade de indústrias, sendo o *end-goal* tornar a sociedade cada vez mais *“smart”*.



### Quadro 2.1. Estudos Realizados: Contributos e Principais Limitações

Autor	Propósito/Método	Contributos	Principais Limitações
Pramanik <i>et al.</i> (2017)	<i>Smart health</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirma que a aplicabilidade de BD e de tecnologias avançadas como <i>machine learning</i> permitem melhorar a qualidade e eficiência da assistência médica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de saúde têm de ser atualizados para os vários <i>stakeholders</i>.</li> <li>Identifica desafios técnicos, sociais, financeiros, éticos e organizacionais, mas remete a análise investigação futura.</li> </ul>
Mtshali & Khubisa (2019)	<i>Smart home</i> para pessoas incapacitadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificação de soluções para tornar uma <i>smart home</i> inclusa para pessoas com algum nível de incapacidade, através da proposta de um sistema de controlo controlado pelos <i>digital assistant</i> (e.g., <i>google assistant</i>, <i>apple siri</i>, <i>amazon alexa</i>, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O modelo criado depende da utilização de comandos de voz, pelo que uma pessoa com incapacidades na fala fica automaticamente excluída da possibilidade de utilização deste sistema.</li> </ul>
Ullah <i>et al.</i> (2020)	Aplicações de AI, <i>machine learning</i> e <i>deep learning</i> em <i>smart cities</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificação de estudos e tendências tecnológicas focadas na AI, <i>machine learning</i> e <i>deep learning</i>, bem como demonstração dos desafios e opções futuras para otimizar a <i>performance</i> destas técnicas nas <i>smart cities</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abordagem exclusiva à tecnologia, sem elencar as dimensões sociais, económicas e sustentáveis na construção de uma <i>smart city</i>.</li> </ul>
Mishra <i>et al.</i> (2020)	Sistema de AI para detetar pneumonia causada por Covid-19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirma a aplicabilidade da AI na interpretação de imagens raio-X como forma de auxiliar clínicos e radiologistas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acesso limitado a informação para diferentes tipo de pneumonias de modo a enriquecer o modelo desenvolvido.</li> </ul>
Iqbal <i>et al.</i> (2020)	BD – <i>Computational Intelligence</i> (CI) em <i>smart cities</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica vários benefícios tangíveis de analisar BD por CI em <i>smart cities</i>; (1) reduzir custos; (2) apoiar decisores em tempo real; e (3) incentivar o desenvolvimento de novos produtos e serviços.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A metodologia apresentada tem de ser aplicada e desenvolvida noutras áreas de <i>smart cities</i>, para criar valor comercial e científico.</li> </ul>
Fathi <i>et al.</i> (2021)	<i>Sensor location model for security protection in Society 5.0</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Location sensors</i> como um serviço, utilizados na segurança de <i>valuable infrastructures</i> e rastreio de filas de espera (aplicável a pessoas e mercadorias).</li> <li>Modelo <i>bi-level</i> de estimativa de impacto dos sensores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica desafios de implementação devido a grandes tempos de espera no <i>screening process</i>, algo que leva a uma congestão nas entradas de pessoas ou mercadorias.</li> <li>Número limitado de cenários-teste.</li> </ul>

Independentemente das abordagens utilizadas nos estudos identificados no *Quadro 2.1*, verificou-se que estes dão sempre ênfase, de forma isolada, a áreas específicas do contexto *smart cities* e/ou AI. Assim, no próximo subcapítulo abordar-se-ão algumas limitações identificadas nos presentes estudos.

## 2.4 Limitações Metodológicas Gerais

A análise da aplicabilidade da AI, IoT e demais tecnologias no desenvolvimento de modelos e de soluções que consigam endereçar a melhoria de serviços e, consequentemente, a qualidade de vida dos cidadãos, é cada vez mais procurada para impulsionar o desenvolvimento da sociedade. Ainda assim, os diferentes estudos realizados até à data possuem múltiplas limitações, sendo a maior carência conseguir analisar múltiplos critérios sociais e tecnológicos em simultâneo. É nesta ótica que Winden e Buuse (2017, p. 68) salientam que “*most smart city technology projects are not only technical, but involve social, cultural, political, institutional, and behavioral changes that are very context sensitive. In this respect, there are reasons to be doubtful about the effectiveness of dissemination and replication activities*”. Esta multiplicidade de variáveis é tanto intrínseca à implementação de *smart cities* como da própria Sociedade 5.0. Como consequência desta limitação, advém a: (1) incapacidade no estabelecimento de relações causa-efeito entre critérios; (2) incapacidade na análise de critérios subjetivos, de cariz social e inerentes à sociedade, cidadania e qualidade dos serviços e vida dos cidadãos, uma vez que se premeia a utilização de metodologias assentes na “otimização matemática”; (3) reduzida equação de cenários, que contemplem uma visão holísticas e real da temática; e, por último, (4) escassez de análises dinâmicas sobre as problemáticas identificadas.

Face ao exposto, e tendo em conta as limitações gerais identificadas, a presente dissertação recorrerá à utilização combinada de técnicas de mapeamento cognitivo e de lógica neutrosófica com o método *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), de modo a propor um sistema de análise multicritério que permita ultrapassar algumas dessas limitações. O próximo capítulo incidirá na exposição das metodologias que se pretendem utilizar para o desenvolvimento de iniciativas de adaptação empresarial relativas à AI, Sociedade 5.0 e *smart cities*.

## SINOPSE DO CAPÍTULO 2

Este capítulo foi desenvolvido com o intuito de apresentar os conceitos referentes a *smart city*, Sociedade 5.0 e AI, bem como de analisar as principais oportunidades e desafios na sua adaptação. Numa fase inicial, procurou delinear os conceitos basilares da trilogia, através da explicação da sua pertinência na atualidade, bem como da transposição da sua importância para o futuro, a nível social, económico e ambiental. Foi também complementado com uma reflexão prática referente às oportunidades e aos desafios de adaptação. Seguidamente, realizou-se o levantamento de alguns estudos relativos ao enquadramento em análise, referenciando os seus contributos e as suas limitações. Por fim, procurámos analisar, globalmente, os estudos identificados por forma a encontrar algumas limitações gerais e abrir espaço à presente dissertação. Verificou-se que a tecnologia tem um papel preponderante na promoção de uma rede concisa e conecta da cidade e/ou entre sociedades. O seu papel de *backbone* é o que permite suportar e criar oportunidades contínuas de inovação, podendo dizer-se que a visão de *smart city* e de Sociedade 5.0 só se tornará “presente” e replicada à escala global quando a tecnologia e as suas infraestruturas assim o possibilitarem. No entanto, quando habilitadas a escalar nas suas ofertas e oportunidades, a Sociedade 5.0 trará múltiplas vantagens nas seguintes frentes, nomeadamente: (1) melhoria da qualidade de vida dos cidadãos; (2) acautelar a sustentabilidade ambiental; (3) proporcionar negócios e empregos mais competitivos; e, por último, (4) melhorar a eficiência dos processos *governance*. Materializando a relevância da AI, bem como de BD e de ML, percebeu-se que estas tecnologias permitem aperfeiçoar e colmatar atuais problemas e desafios presentes na sociedade, tendo um papel relevante de apoio ao alcance de propostas com valor sustentável, social e económico. Através da análise de vários estudos, uns mais gerais sobre técnicas de AI para *smart cities* e Sociedade 5.0 e outros específicos nalgum domínio ou contexto particular da *smart city*, conseguimos fazer um levantamento de limitação metodológicas gerais associadas aos mesmos, nomeadamente: (1) incapacidade no estabelecimento de relações causa-efeito entre critérios em análise; (2) não contemplação de abordagens que permitam uma visão holística da problemática em análise; e (3) metodologias focadas na “otimização matemática”, descorando critérios de análise subjetivos. Face ao exposto, e perante a sofisticação das variáveis em análise, será relevante utilizar técnicas multicritério para avaliar iniciativas de adaptação empresarial no contexto da relação *smart city*, Sociedade 5.0 e AI. No próximo capítulo, será apresentada a metodologia adotada nesta dissertação.

Uma vez realçada a importância da trilogia AI, *smart cities* e Sociedade 5.0 para a definição da visão, estratégia e medidas de adoção empresarial que permitiram melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, o presente capítulo procurará fazer o enquadramento metodológico que suportará a avaliação dessas iniciativas. Assim, neste terceiro capítulo, será contextualizada: (1) a estruturação de problemas complexos, com referência ao mapeamento cognitivo e à lógica neutrosófica; e (2) a avaliação multicritério, particularizando o método *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL).

#### 3.1 A Estruturação de Problemas Complexos

Tomar uma decisão adequada para endereçar um determinado problema complexo é uma tarefa exigente que envolve múltiplas fontes de informação e *experts* nas áreas concernentes ao problema (Yazdi, Khan, Abbassi, & Rusli, 2020). Atualmente, “*making and taking decisions, solving problems [...] all have to take place in conditions of unprecedented complexity and uncertainty*” (Marttunen, Lienert, & Belton, 2017, p. 1). Estas condições de complexidade e de incerteza advêm não só de fatores como a pressão temporal, consequência do ritmo acelerado vivenciado na sociedade atual, mas também dos valores intrínsecos que moldam cada indivíduo e a sua interação com a realidade (Ferreira, 2011; Steiger & Steiger, 2008). Estes valores intrínsecos são descritos, por Marttunen *et al.* (2017, p. 1), como “*perspectives, values and preferences*”.

A primeira etapa do processo de apoio à tomada de decisão é a estruturação do problema. Dado que as etapas subsequentes “*are strongly influenced by the structuring process*” (Marttunen *et al.*, 2017, p. 1), o sucesso das mesmas depende, inerentemente, do êxito desta primeira etapa. Assim, o seu sucesso reside na identificação da tipologia de “*problematic situations*” (Rosenhead, 2006, p. 1). Rittel e Webber (1973) categorizaram as mesmas em dois tipos: *tame* e *wicked*. Enquanto os problemas *tame* possuem formulações precisas e não problemáticas e, como tal, são capazes de ser resolvidos através da aplicação de métodos

“tradicionais”, os *wicked* não possuem uma representação unificada do problema, sendo para tal necessário recorrer à aplicação de “*an alternative paradigm for problem-solving*” (Smith & Shaw, 2019, p. 403). A fim de responder aos constrangimentos verificados aquando da utilização de métodos quantitativos “tradicionais” de Investigação Operacional (IO) para os problemas *wicked*, surgiram, nos anos 1970, os *Problem Structuring Methods* (PSMs).

Os PSMs, também referidos como *Soft OR* (i.e., *IO soft*) ou *Soft Systems*, visam providenciar assistência às “*problematic situations*” (Rosenhead, 2006, p. 1) caracterizadas por terem: (1) múltiplos intervenientes; (2) diferentes perspetivas; (3) possíveis conflitos de interesses; (4) intangíveis significativos; e (5) incertezas associadas (Rosenhead, 2006; Rosenhead, 2013). Estas abordagens são postas em prática em contextos de grupo, onde é necessária interação entre os demais indivíduos, dado que a resolução do problema depende dos *outputs* das múltiplas interações e iterações necessárias à construção da “verdade”, descartando, deste modo, a existência de uma única “solução ideal”. Em suma, “*PSMs are a broad group of model-based problem handling approaches whose purpose is to assist in the structuring of problems rather than directly to derive a solution*” (Rosenhead, 2013, p. 1162). “*These models help people who might initially have different perspectives on an issue to clarify and develop their understandings*” (Cronin, Midgley, & Jackson, 2014, p. 145). Ou seja, o sucesso da estruturação assenta na partilha de conhecimento e comunicação aberta entre os indivíduos envolvidos no processo. Como tal, partindo da premissa que a interação entre indivíduos é um fator fulcral no decorrer de um e qualquer processo de “*problem structuring*” e, consequentemente, de tomada de decisão, torna-se necessário depreender como é que “*human beings understand reality and [...] manage and control reality by accessing and associating various elements of each individual’s memory*” (Lousada *et al.*, 2021, p. 4). Assim, e como forma de incorporar esta premissa-base no presente estudo, será estudada uma técnica de estruturação designada, na literatura, por mapeamento cognitivo. Esta depreende-se com a similaridade da cognição humana, uma vez que se caracteriza por incorporar “*cognitive theory, and coding methods*” (Eden, 2004; Lousada *et al.*, 2021).

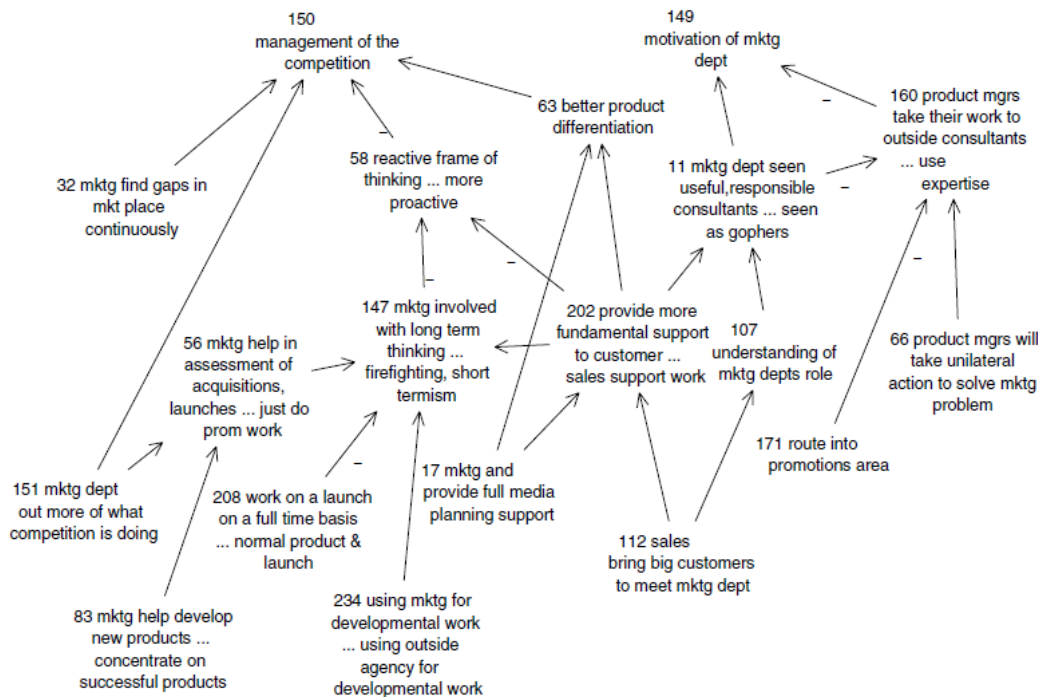
Em suma, a experiência prática e realista trazida pelos indivíduos envolvidos no processo de estruturação, alicerçada num modelo capaz de refletir os diferentes vértices do problema em mãos, possibilita o desenvolvimento e a estruturação do mesmo através do estabelecimento de relações causa-efeito entre as particularidades do problema. Desta forma, será abordado, seguidamente, o mapeamento cognitivo.

### 3.1.1 Mapeamento cognitivo: Princípios Orientadores

Assente na *Personal Construct Theory* (Kelly, 1955), o mapeamento cognitivo surge como uma técnica de modelação formal que propõe um entendimento de como os humanos procuram dar sentido ao mundo em seu redor, como forma de o gerir e controlar. É com base nesta teoria que o mapeamento cognitivo surge como uma técnica de apoio à estruturação de problemas de decisão complexos, uma vez que permite originar um mapa estruturado hierarquicamente que revela as relações entre os diferentes critérios pertinentes ao problema em análise (*i.e.*, um mapa cognitivo) (Eden, 2004).

Uma definição holística de mapeamento cognitivo refere que “*the term [...] is [...] used to describe the task of mapping a person’s thinking about a problem that follows from the process of mapping*” (Eden, 2004, p. 673). No entanto, a utilização desta técnica não se reduz apenas ao entendimento de uma pessoa sobre um determinado problema. Na realidade, o mapeamento cognitivo procura demonstrar como um indivíduo – ou grupo de indivíduos – compreende um dado problema, através da promoção de discussões e partilha de informação relevante para o processo de tomada de decisão (Castanho, Ferreira, Carayannis, & Ferreira, 2019). Assim, a utilização destes mapas, aquando da estruturação de problemas de decisão complexos, possui as seguintes vantagens: (1) promove a discussão entre intervenientes (*i.e.*, decisores), algo que potencia a identificação de oportunidades e áreas de atuação; (2) contribui para a redução da taxa de critérios omitidos no processo de decisão; e (3) promove a compreensão entre as relações de causalidade entre os critérios em análise (Brito, Ferreira, Perez-Gladish, Govindan, & Meidutė-Kavaliauskienė, 2019).

Em termos práticos, um mapa cognitivo é entendido como uma rede constituída por “nós” (*i.e.*, conceitos, ideias e critérios) conectados por setas direccionadas que procuram definir as relações de causalidade entre os demais (Fonseca, Ferreira, Fang, & Jalali, 2018). Uma vez caracterizados pela prevalência da sua estrutura hierárquica, estes mapas apresentam-se como *means/end maps* onde os conceitos que se encontram no topo identificam os objetivos (*i.e.*, *goals*), enquanto as ideias da parte central correspondem a questões estratégicas e, na base, estão representadas as ações/opções a respeito dos itens ligados (Eden, 2004; Ferreira, 2011). A *Figura 3.1* ilustra parte de um mapa cognitivo a título exemplificativo.



**Figura 3.1.** Exemplo de um Mapa Cognitivo

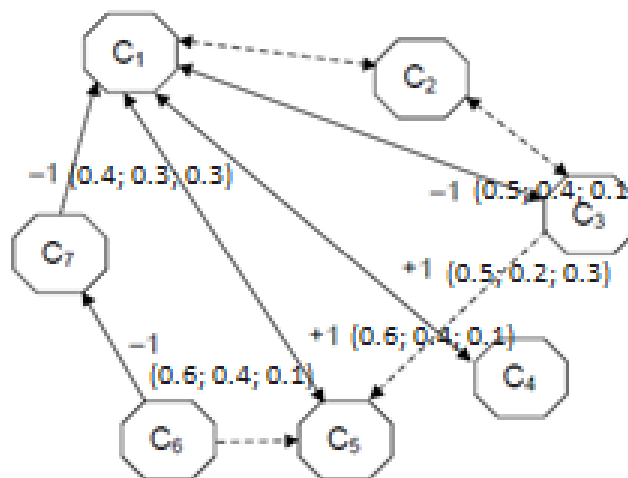
Fonte: Eden (2004, p. 675).

Como se pode observar na *Figura 3.1*, as setas assinalam as interações entre conceitos (*i.e.*, “nós”), sendo que o conceito que se encontra na extremidade da seta demonstra ser influenciado pelo que se encontra na cauda da mesma (Eden, 2004). Adicionalmente, as setas podem ser acompanhadas de um sinal positivo (+), geralmente omitido, ou um sinal negativo (–), consoante o tipo de relação de causalidade entendido pelos decisores.

Aquando da construção de um mapa cognitivo, representativo do pensamento em grupo de indivíduos, é necessária a presença de um facilitador, que intervirá de uma forma imparcial durante as sessões, a fim de gerir e auxiliar os intervenientes a definir os fatores decisivos a envolver, mediante expressão do pensamento (*e.g.*, escrito ou oral) dos decisores (Ferreira, 2011). Por outras palavras, no processo de tomada de decisão, os intervenientes não só devem chegar a um consenso sobre as perceções da problemática a incluir no mapa (*i.e.*, os conceitos a incluir), como devem trabalhar em conjunto para identificar as correlações entre os mesmos, sendo para tal necessária a presença de um facilitador que conduza o processo, sem interferir no modelo de apoio à tomada de decisão (Ferreira, 2011). A presente dissertação combinará o mapeamento cognitivo com a lógica neutrosófica, sendo esta tratada no próximo ponto.

### 3.1.2 Lógica Neutrosófica

Uma dificuldade frequentemente sentida durante um processo de apoio à tomada de decisão é a incapacidade de quantificar e/ou analisar informação incerta ou incompleta, devido à inabilidade dos métodos probabilísticos tradicionais conseguirem responder perante situações da vida real. Assim, surgiu, por Smarandache (1999), o conceito de “lógica neutrosófica”, cuja tese assenta em “*every idea has not only a certain degree of truth, as is generally assumed in many-valued logic contexts, but also a falsity degree and an indeterminacy degree that have to be considered independently from each other*” (Rivieccio, 2008, p. 1860). Por outras palavras, a lógica neutrosófica define-se por descrever cada variável lógica  $x$  (i.e., critério) num conjunto neutrosófico constituído por três componentes:  $x = (T, I, F)$  (i.e., grau de verdade, grau de indeterminação e grau de falsidade) (Smarandache, 2007). Associado à lógica neutrosófica, e visando representar as relações de causalidade/indeterminação entre conceitos, surge o conceito de mapa cognitivo neutrosófico (i.e., *neutrosophic cognitive map* (NCM)) (Kandasamy & Smarandache, 2003). A Figura 3.2 exemplifica um NCM.



**Figura 3.2.** Esquema Conceptual de um Mapa Cognitivo Neutrosófico

Fonte: Kandasamy e Smarandache (2003, adap).

Similarmente aos mapas cognitivos “tradicionais”, também nos NCMs se verifica a existência de setas direcionadas entre dois “nós”  $C_i$  e  $C_j$ , sendo que, neste caso, estas representam a relação de causalidade ou indeterminação dependente do tipo de linha (i.e., linha preenchida ou picotada, respetivamente) entre os conceitos. Adicionalmente, é atribuído um peso a cada seta ( $w_{ij}$ ), ponderado com um número  $\in \{-1, 0, 1, I\}$  (Kandasamy & Smarandache,



2003). Assim sendo, a relação entre conceitos toma o valor de: (1)  $w_{ij} = 0$ , quando não há qualquer efeito entre os “nós”; (2)  $w_{ij} = +1$ , quando estamos perante um efeito diretamente proporcional (*i.e.*, um aumento ou diminuição em  $C_i$  causa um aumento ou diminuição em  $C_j$ , respetivamente); (3)  $w_{ij} = -1$ , quando há um efeito inversamente proporcional (*i.e.*, um aumento ou diminuição em  $C_i$  causa uma diminuição ou aumento em  $C_j$ , respetivamente); ou, por último, (4)  $w_{ij} = I$ , se a relação/efeito de  $C_i$  no  $C_j$  for indeterminada (Kandasamy & Smarandache, 2003). Deste modo, temos um vértice indeterminado se não é perceptível o tipo de conceito devido à informação incompleta e, nestes casos, pode ser escrito que  $(T, I, F) = (0, 1, 0)$ .

Subjacente à representação gráfica de um NCM, está uma matriz adjacente  $n \times m$ , sendo  $n=m$  (*i.e.*, o número de fatores/critérios), contendo os valores resultantes das avaliações neutrosóficas para todas as relações de causa-efeito entre “nós”. A diagonal principal da matriz apresenta, habitualmente, todos os valores iguais a zero, uma vez que “*a concept rarely causes itself*” (Ferreira & Meidutė-Kavaliauskienė, 2019, p. 8). A Equação (1) projeta esta noção:

$$E = (\alpha_{ij})_{n \times m} = \begin{bmatrix} 0 & (t_{12}, i_{12}, f_{12}) & \cdots & (t_{1m}, i_{1m}, f_{1m}) \\ (t_{21}, i_{21}, f_{21}) & 0 & \cdots & (t_{2m}, i_{2m}, f_{2m}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (t_{n1}, i_{n1}, f_{n1}) & (t_{n2}, i_{n2}, f_{n2}) & \cdots & 0 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Nas matrizes neutrosóficas, quando existem casos de relação indeterminada, esta surge apresentada com o símbolo  $I$ . Uma vez que a presente dissertação utilizará a técnica DEMATEL como abordagem de avaliação multicritério, é necessário transformar as três componentes associadas à lógica neutrosófica  $(T, I, F)$  num valor único. Assim, “*each  $w_k = \langle T_k, I_k, F_k \rangle$  is represented by a neutrosophic number. The equivalent crisp weight can be obtained using Equation (2)*” (Pramanik, Banerjee, & Giri, 2016, p. 85):

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

Importa referir que o  $r$  representa o número total de avaliações dadas pelos decisores. Adicionalmente, a fórmula de crispificação deve respeitar duas condições, nomeadamente: (1)  $w_k \geq 0$ ; e (2) o somatório do peso neutrosófico crispificado  $w$  de todas as avaliações ter de ser 1 (*i.e.*,  $\sum_{k=1}^r w_k = 1$ ). Posto isto, parece relevante perceber quais são os possíveis contributos desta abordagem metodológica para a temática da presente dissertação.

### 3.1.3 Principais Contributos para a Adaptação Empresarial à Trilogia IA-SC-S5.0

Uma vez perante um contexto de elevada ambiguidade e complexidade, o mapeamento cognitivo neutrosófico utilizado como PSM permitirá aos demais intervenientes no processo de decisão (*i.e.*, *experts*) partilhar não só o seu conhecimento associado às diferentes vertentes do problema de decisão em análise como, também, experiências profissionais práticas que sejam relevantes no novo desafio de “re-imaginar” e “redefinir” iniciativas empresariais que potenciem a convergência entre *smart-city* e Sociedade 5.0.

Por um lado, o mapeamento cognitivo proporciona uma representação visual do problema em estudo, ajudando o grupo de indivíduos a perceber as diferentes particularidades do mesmo e, consequentemente, a desenvolver novas ideias (Ribeiro, Ferreira, Jalali, & Meidutė-Kavaliauskiene, 2017). Por outro lado, tal como referido por Smarandache e Pramanik (2016, p. 9), a abordagem neutrosófica é “*suitable to modelling problems with uncertainty, indeterminacy and inconsistent information in which human knowledge is necessary, and human evaluation is needed*”. Assim, as principais vantagens do uso integrado de mapeamento cognitivo com a lógica neutrosófica decorrem, essencialmente, do seguinte: (1) o mapeamento cognitivo permite reduzir a quantidade de critérios omissos no processo de tomada de decisão (Ribeiro *et al.*, 2017); (2) os NCMs facilitam a identificação das variáveis de decisão a incluir no modelo de avaliação; e (3) a lógica neutrosófica ajuda a compreender melhor como se inter-relacionam as variáveis inerentes ao problema de decisão em estudo (Smarandache, 2007). No próximo ponto, será tratada a segunda fase do processo de apoio à tomada de decisão (*i.e.*, fase de avaliação).

## 3.2 Avaliação Multicritério

Relembrando que a presente dissertação pretende compreender o desenvolvimento de iniciativas de adaptação empresarial no contexto das *smart cities* e da Sociedade 5.0, parece importante entender a existência de uma multiplicidade de variáveis no escalamento destas iniciativas. Acima de tudo, estes “*projects are not only technical, but involve social, cultural, political, institutional, and behavioral changes that are very context sensitive*” (Windén & Buuse, 2017, p. 48). Deste modo, “*in order to successfully address the challenges, new holistic assessment and design ideas as well as truly multidisciplinary development approaches will become necessary*” (Pramanik, Lau, Demirkan, & Azad, 2017, p. 381).

Como forma de tratar a multiplicidade de novos e discordantes interesses, emergiram, no final da década de 1960, duas abordagens multicritério: *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) e *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA). A principal diferença entre estas abordagens reside no reconhecimento do limite da objetividade aquando do processo de decisão. Enquanto a abordagem MCDM se suporta na elaboração de “*a well-structured mathematical decision problema thanks to a [...] sophisticated algorithm*” (Munda, 2004, p. 673), a abordagem MCDA valoriza a incorporação e discussão de “*values and preferences from serveral points of view*” (Bana e Costa, Stewart, & Vansnick, 1997, p. 30). A presente dissertação utilizará a abordagem MCDA, em particular o método DEMATEL, para analisar relações de causa-efeito entre as variáveis do modelo em análise.

### 3.2.1 Exposição da Técnica DEMATEL

Desenvolvida por Gabus e Fontela (1972), DEMATEL é “*a useful approach to the structure of complex causal relations with direct-relation matrices or digraphs (e.g., cause and effect diagram interaction map) which describe [...] contextual relation between different system elements*” (Song & Cao, 2017, p. 354). A sua aplicação pode ser sumarizada em seis passos.

#### *Passo 1: Calcular a matriz de influência direta Z*

Para a concretização deste primeiro passo, é usado um grupo de  $m$  experts para avaliar e resolver um problema complexo de  $n$  fatores/critérios. Para estabelecer o grau de influência direta que o fator  $F_i$  tem no fator  $F_j$ , os experts começam por fazer comparações entre eles com recurso a uma escala de 5 pontos, onde: 0 = sem influência; 1 = influência baixa; 2 = influência média; 3 = influência alta; e 4 = influência muito alta (Freire, Ferreira, Carayannis, & Ferreira, 2021; Gabus & Fontela, 1972). Isto permite gerar uma matriz de influência individual (*i.e.*, de cada expert), que é dada por  $Z = [z_{ij}^k]_{n \times n}$ , cuja diagonal de elementos é sempre igual a zero, onde  $z_{ij}^k$  corresponde ao resultado do julgamento do expert e  $k$  indica o seu número de participantes ( $1 \leq k \leq m$ ). Agregando a opinião dos  $m$  experts, obter-se-ão,  $Z^1, Z^2, Z^3, \dots, Z^m$  matrizes e é possível calcular a matriz média que é dada pela Equação (3) (Ferreira, Kannan, Meidutė-Kavaliauskienė, & Vale, 2021; Rodrigues, Ferreira, Teixeira & Zopounidis, 2022):

$$Z_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m x_{ij}^k, \text{ com } i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

*Passo 2: Calcular a matriz de influência direta normalizada X*

No sentido de calcular a matriz  $X$ , recorre-se à Equação (4) (Lin, Hsieh, & Tzeng, 2010; Rodrigues *et al.*, 2022), onde  $s$  representa a constante de normalização e que é calculada através da Equação (5) (Ferreira *et al.*, 2021):

$$X = \frac{Z}{s}; \quad (4)$$

$$s = \max \left[ \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |z_{ij}|, \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{i=1}^n |z_{ij}| \right], \text{ com } i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

*Passo 3: Calcular a matriz de influência total T*

Sendo o objetivo da matriz total  $T$  refletir quer os efeitos diretos quer os efeitos indiretos que fator  $F_i$  exerce sob o fator  $F_j$ , esta matriz  $T$  é dada pela Equação (6) (Chen, Lin, & Tzeng, 2010; Freire *et al.*, 2021), onde  $I$  corresponde à matriz de identidade  $n \times n$ :

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^h = X(I - X)^{-1}, \text{ quando } \lim_{h \rightarrow \infty} X^h = [0]_{n \times n}. \quad (6)$$

*Passo 4: Calcular os vetores R e C*

Somando as linhas e as colunas da matriz de influência total  $T$ , obtêm-se os vetores  $R$  e  $C$ , respetivamente, conforme as Equações (7) e (8) (Lin *et al.*, 2010):

$$R = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} = [r_i]_{n \times 1} = (r_1, \dots, r_i, \dots, r_n) \quad (7)$$

$$C = \left[ \sum_{i=1}^n t_{ij} \right]'_{1 \times n} = [c_j]'_{1 \times n} = (c_1, \dots, c_j, \dots, c_n), \quad (8)$$

onde  $[c_j]'$  é designada por matriz transporta. Dado que  $R_i$  corresponde ao somatório da linha  $i$  da matriz  $T$ , este espelha o grau de influência, direto ou indireto, exercido por este fator nos

restantes. De forma adjacente,  $C_j$  corresponde ao valor total que cada fator  $j$  “recebe” dos restantes. Considerando que  $i = j$ , o valor de  $(R_i + C_i)$  é designado por “*proeminence*” (*i.e.*, grau de importância que um fator tem no sistema) e, por sua vez,  $(R_i - C_i)$  é denominado por “*relation*” (*i.e.*, grau de influência que um dado fator apresenta). Assim, quando  $(R_i - C_i) > 0$ , o fator  $F_i$  afeta os outros fatores, enquanto, quando  $(R_i - C_i) < 0$ , o fator  $F_i$  é influenciado pelos outros fatores (Chen *et al.*, 2019).

#### *Passo 5: Determinar o valor de threshold $\alpha$*

O limiar  $\alpha$  é determinado calculando a média da matriz total  $T$ , considerando os  $N$  elementos presentes nessa mesma matriz. Este valor é obtido através da Equação (7):

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

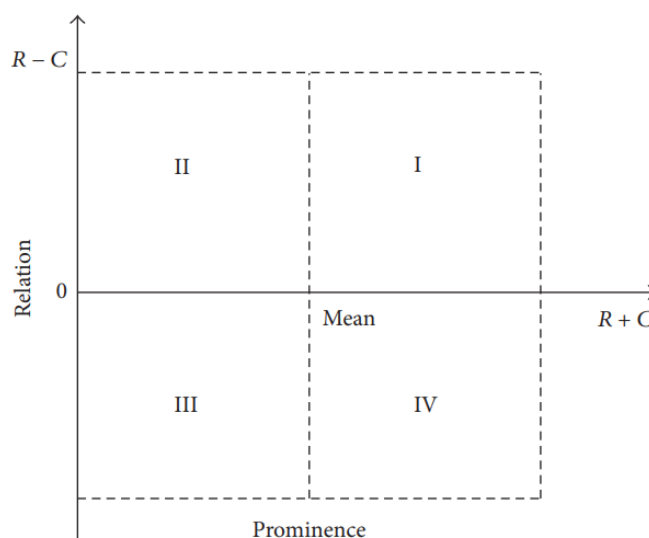
Esta fase permite eliminar os elementos com menor efeito e significância da matriz  $T$  (Sumrit & Anuntavoranich, 2013). Em suma, delimitam-se os valores considerados impactantes dentro da matriz  $T$  e a serem incluídos no mapa de relações, a fim de facilitar a interpretação entre fatores (Si, You, Liu, & Zhang, 2018).

#### *Passo 6: Desenvolver o diagrama de relações causa-efeito*

O diagrama de relações causa-efeito caracteriza-se por possuir, no eixo  $x$ , os valores  $R_i + C_i$  e, no eixo  $y$ , os valores  $R_j - C_j$ . Sumariamente, o diagrama pretende ilustrar não só os fatores mais importantes, mas também a influência dos mesmos nos restantes fatores analisados. Esta informação permite aos decisores tirar conclusões e, consequentemente, formular recomendações ou alterações às suas abordagens ao problema.

O diagrama ilustrado na *Figura 3.3* subdivide-se em quatro quadrantes no que toca ao posicionamento dos fatores avaliados. Ou seja: (1) no primeiro quadrante (*i.e.*, Q.I – elevada *proeminence* e *relation*), enquadram-se fatores que sejam considerados centrais; (2) no segundo quadrante (*i.e.*, Q.II – baixa *proeminence* e elevada *relation*), englobam-se os fatores considerados determinantes; (3) no terceiro quadrante (*i.e.*, Q.III – baixa *proeminence* e *relation*), são reconhecidos os fatores independentes; e, por último, (4) no quarto quadrante

(i.e., Q.IV – alta *proeminence* e baixa *relation*), identificam-se os fatores de impacto (Si *et al.*, 2018).



**Figura 3.3.** Diagrama de Relações

Fonte: Si *et al.* (2018).

Posto isto, o próximo ponto abordará as vantagens e limitações da técnica DEMATEL.

### 3.2.2 Vantagens e Limitações

Tendo sido desenvolvida para investigar “*integrated solutions reflecting global society fragmented and antagonistic phenomena*” (Rodrigues *et al.*, 2022, p. 5), a técnica DEMATEL possibilita: (1) a agregação de conhecimento e de julgamentos dos *experts*; e (2) a visualização as relações causa-efeito entre critérios, permitindo aos decisores analisá-los e priorizá-los de acordo com a sua influência e importância (Rodrigues *et al.*, 2022; Si *et al.*, 2018).

No entanto, devido à incorporação dos julgamentos individuais de cada *expert* no modelo desenvolvido, é necessário depreender que as suas opiniões poderão incluir *biases* ou ser imprecisas/vagas (Rodrigues *et al.*, 2022). Sabendo que todas as técnicas apresentam limitações e, como tal, a DEMATEL não é exceção à regra, importa sublinhar que as suas vantagens se sobrepõem às suas limitações. Desta forma, foi escolhida para estudar a adaptação empresarial à trilogia AI-SC-S5.0, algo que será analisado de seguida.

### 3.2.3 Principais Contributos para a Adaptação Empresarial à Trilogia AI-SC-S5.0

Apesar da técnica DEMATEL não resolver problemas por si só, permite disponibilizar ao decisor informação útil e estruturada sobre as relações causa-efeito existentes entre fatores/critérios, de modo a apoiar o processo de tomada de decisão. A capacidade de proporcionar esta visão inter-relacional, usualmente não-tangível na sua extensão e quantificação, permite não só elucidar *stakeholders* como também trazer robustez ao modelo e à temática em estudo.

A complexidade inerente à transição para uma sociedade conectada por serviços e produtos, que priorizem não só o cidadão como, também, o *landscape* ambiental, económico, tecnológico e sociocultural, faz com que a conceptualização destas iniciativas exija a identificação da importância e da influência dos fatores uns nos outros, sendo necessário, para tal, estabelecer as relações causa-efeito entre esses fatores (Si *et al.*, 2018). Através da técnica DEMATEL, será possível iterar e suportar a promoção de iniciativas de adaptação empresarial no contexto *smart city*, Sociedade 5.0 e AI.

Este capítulo foi desenvolvido com o intuito de apresentar as metodologias utilizadas no estudo das iniciativas que podem facilitar a adaptação empresarial à trilogia *smart city*, Sociedade 5.0 e AI. Estas metodologias podem ser segregadas quanto à sua utilização em duas fases distintas: (1) estruturação; e (2) análise da problemática. Os PSMs são utilizados para suportar o processo de tomada de decisão num contexto de elevada ambiguidade e complexidade, sendo para tal necessária a interação entre indivíduos (*i.e.*, *experts*), a fim de construir a “verdade”. Assim, os PSMs são caracterizados por terem: (1) múltiplos intervenientes; (2) diferentes perspetivas; (3) possíveis conflitos de interesses; (4) intangíveis significativos; e (5) incertezas associadas. Nesta fase, foi estabelecida a associação a duas metodologias (*i.e.*, mapeamento cognitivo e lógica neutrosófica). O mapeamento cognitivo é utilizado para estabelecer uma representação visual, endereçando as relações causa-efeito entre critérios, sendo que, para tal, cada relação é acompanhada de um sinal positivo (+), geralmente omitido, ou um sinal negativo (–), consoante o tipo de causalidade entendido pelos *experts*. A incorporação da lógica neutrosófica justifica-se pelo facto de o pensamento e de o conhecimento humano não serem desprendidos de incertezas, ou mesmo de diferentes níveis de certeza e falsidade associada. A segunda fase inerente à análise da problemática foi precedida pela utilização de uma abordagem MCDA designada por DEMATEL. De forma simplificada, uma abordagem MCDA permite desenvolver um modelo assente nos sistemas de valores de cada decisor, sendo, em particular, a aplicação da técnica DEMATEL capaz de possibilitar aos decisores a análise das relações causa-efeito existentes entre critérios e, consequentemente, priorizá-los. A aplicação deste método é realizada com base num dado número de passos que culminam no desenvolvimento de um diagrama de relações que permite posicionar cada critério em análise num de quatro quadrantes distintos. Isto é feito de acordo com a sua *proeminence* (*i.e.*, importância), no eixo horizontal, bem como com a sua *relation* (*i.e.*, influência), no eixo vertical. No entanto, para aqui chegar, é necessário calcular primeiramente a matriz de influência direta, a matriz de influência direta normalizada, a matriz de influência total, os valores R e C e o valor *threshold*. Apesar da enorme vantagem em possibilitar uma representação visual das relações causa-efeito entre critérios, esta metodologia, por possuir uma natureza subjetiva, de incorporação de julgamentos humanos, possui também a desvantagem de poder incluir opiniões *biases* ou imprecisas/vagas. Apesar disto, as suas vantagens sobrepõem-se às desvantagens e, como tal, a combinação da técnica DEMATEL com a lógica neutrosófica associada ao mapeamento cognitivo foram as metodologias escolhidas para a presente dissertação.





Uma vez realizado o enquadramento teórico e metodológico que suportará o sistema de análise a desenvolver, o presente capítulo visa descrever o processo de estudo empírico realizado e analisar os resultados obtidos. Assim, este quarto capítulo, divide-se na: (1) elaboração de um mapa cognitivo de base (*i.e.*, fase de estruturação); (2) aplicação da técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico (*i.e.*, fase de avaliação); e, por último, (3) validação e discussão da possível aplicabilidade prática do estudo realizado.

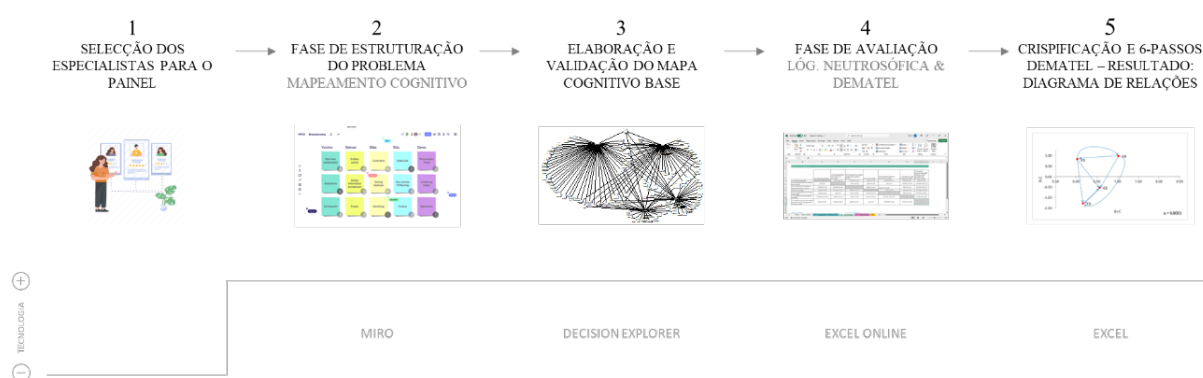
#### 4.1 Elaboração da Estrutura Cognitiva de Base

O início do processo de apoio à tomada de decisão começa pelo reconhecimento da situação problemática, sendo subsequentemente necessário proceder à estruturação da mesma. Para Bana e Costa *et al.* (1997), esta fase toma forma sobre a construção de um modelo esquemático de representação dos elementos de avaliação e que serve para a aprendizagem, comunicação e discussão entre especialistas (*i.e.*, *experts*).

Neste contexto, surgiu a necessidade de constituir um painel de especialistas com 5 a 12 membros (Bana e Costa, Corrêa, De Corte, & Vansnick, 2002), tendo sido estabelecido um painel de 6 especialistas para estudar a temática da presente dissertação. Os perfis dos participantes foram os seguintes: (1) marketing *specialist* com experiência no sector bancário e, atualmente, a desenvolver funções no sector imobiliário; (2) analista de *mergers & acquisitions* especializado no sector energético renovável; (3) responsável de desenvolvimento de negócio na vertente de *smart cities* numa empresa de construção civil; (4) responsável de desenvolvimento de negócio na vertente das *smart cities*, com realce no seu envolvimento num projeto piloto a nível europeu utilizado para potenciar tecnologias de alto risco e alto impacto; (5) consultor de IT e *software developer* com experiência em “tecnologias inovadoras” (*e.g.*, AI, Blockchain, BD, etc.); e (6) consultor de IT especializado em segurança.

Devido ao elevado número de casos de Covid-19 em Portugal, bem como à existência de membros que não residem em Lisboa, as sessões de trabalho foram realizadas remotamente

com recurso à plataforma *Teams* (<https://www.microsoft.com/pt-pt/microsoft-teams/log-in>). Assim, a primeira sessão decorreu em Abril 2022 e começou com uma breve apresentação por parte de cada elemento constituinte do painel, seguida de uma sucinta explicação dada pelo facilitador (*i.e.*, a autora da presente dissertação e a pessoa que “*pretende gerar um consenso entre os diferentes intervenientes do processo*” (Ferreira, 2011, p. 82)) sobre o *modus operandi* da sessão e dos conceitos e regras operacionais da plataforma MIRO (<https://miro.com/pt/>), no sentido de garantir o exemplar decorrer da sessão. A *Figura 4.1* apresenta a sequência de passos seguidos nas duas sessões de trabalho em grupo com os especialistas.



**Figura 4.1.** Processo Metodológico Adotado

Após a fase introdutória, foi apresentada a seguinte *trigger question*: “*Com base na sua experiência profissional, que iniciativas poderão facilitar a adaptação das empresas à Inteligência Artificial, à Sociedade 5.0 e às Smart Cities?*”, utilizada para gerar discussão e partilha de conhecimento entre os membros participantes. Como suporte às respostas, foi utilizada a “*técnica dos post-its*” (Eden & Ackermann, 2004), onde cada decisor anotava, de forma individualizada (*i.e.*, uma resposta por cada *post-it*), o critério/ideia/iniciativa que considerava relevante. Outra regra subjacente à utilização desta técnica é a necessidade de adicionar, em cada *post-it*, um sinal para expressar a relação de causalidade entre conceitos. Um sinal negativo (–) representa uma dificuldade na adaptação empresarial à trilogia, enquanto a omissão do sinal representa um reforço da facilitação dessa adaptação. Por último, os decisores foram também informados que o mapa deveria conter acima de 100 “nós” (*i.e.*, critérios), tendo resultado da primeira sessão de trabalho um total de 111 critérios. Seguidamente, estes foram agrupados nos seguintes 4 *clusters*: *Legislação e Políticas Públicas* (C1); *Tecnologia* (C2); *Performance* (C3); e *Pessoas* (C4). Por último, para concluir a sessão, cada *cluster* foi organizado internamente, de acordo com o nível importância dos respetivos

critérios (*i.e.*, mais importantes no topo do *cluster* e menos importantes na base). Posteriormente, com a informação obtida, foi produzido, com recurso ao *software Decision Explorer* ([www.banxia.com](http://www.banxia.com)), o mapa cognitivo de base que está apresentado na *Figura 4.2*.

Em suma, a primeira sessão, “*allowed the exchange of ideas and experiences to be promoted, facilitating the identification and selection of the CTRs [criteria] included in our evaluation system*” (Brito *et al.*, 2019). O passo seguinte consistiu na aplicação da técnica DEMATEL em contexto neutrosófico.

## 4.2 Aplicação da Lógica Neutrosófica e da Técnica DEMATEL

Uma vez criado o mapa cognitivo de grupo, procedeu-se à realização, ainda remotamente, da segunda sessão de trabalho com os mesmos membros do painel de especialistas. Esta sessão decorreu em meados de Maio 2022 e, tal como na primeira sessão, os trabalhos iniciaram-se com uma breve explicação dos processos metodológicos a seguir. Aqui, foi referida a relevância de, num processo de apoio à tomada de decisão, serem reconhecidos os limites da objetividade e, como tal, pretender-se-ia, durante a sessão, aplicar metodologias capazes de transformar a subjetividade inerente à realidade estudada em mensurações objetivas do valor dos julgamentos dos decisores (Ferreira, 2011).

Primeiramente, foi pedido aos membros do painel que elessem, dentro dos 111 critérios mapeados e agregados por *clusters*, os mais relevantes dentro de cada *cluster*. A discrepância entre a possibilidade de escolha fundamenta-se no facto de existirem *clusters* (*i.e.*, C1 e C2) com maior número de critérios face aos demais (*i.e.*, C3 e C4). Dada a numerosidade dos critérios, recorreu-se à *Nominal Group Technique* (NGT) e a *multi-voting* de forma a: (1) fomentar a discussão entre participantes; e (2) desempatar critérios, elegendo apenas os mais votados (*i.e.*, prioritários). No *Quadro 4.1* encontra-se uma versão consolidada da seleção de critérios, que foram analisados, posteriormente, com maior detalhe.

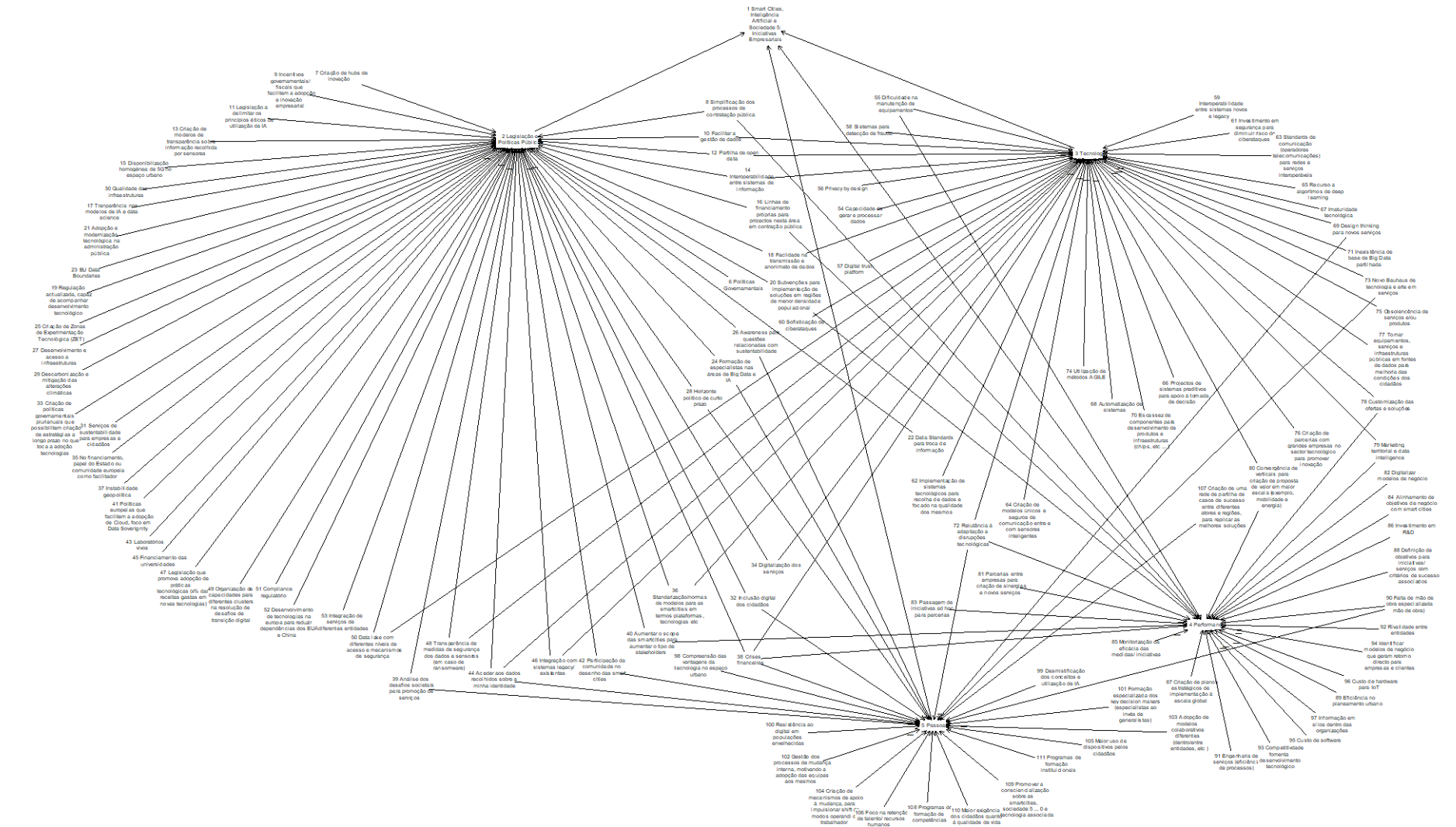


Figura 4.2. Mapa Cognitivo de Base

**Quadro 4.1.** *Clusters (C) Resultantes da 1ª Sessão e Seleção de Critérios (SC) Resultantes da 2ª Sessão*

CLUSTERS	CRITÉRIOS
C1 LEGISLAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS	SC6 – Políticas governamentais
	SC16 – Linhas de financiamento próprias para projetos nesta área em contratação pública
	SC18 – Facilidade na transmissão e anonimato de dados
	SC22 – <i>Data standards</i> para troca de informação
	SC27 – Desenvolvimento e acesso a infraestruturas
	SC33 – Criação de políticas governamentais plurianuais que possibilitem a criação de estratégias a longo prazo para a adoção tecnológica
	SC36 – Standardização/normas de modelos para <i>smart cities</i> em termos de plataformas, tecnologias, etc.
C2 TECNOLOGIA	SC12 – Partilha de <i>open data</i>
	SC14 – Interoperabilidade entre sistemas de informação
	SC48 – Transparência de medidas de segurança dos dados e sensores
	SC56 – <i>Privacy by design</i>
	SC59 – Interoperabilidade entre sistemas novos e <i>legacy</i>
	SC71 – Inexistência de base de BD partilhada
	SC76 – Criação de parcerias com grandes empresas no sector tecnológico para promover inovação
C3 PERFORMANCE	SC8 – Simplificação dos processos de contratação pública
	SC81 – Parcerias entre empresas para criação de sinergias e novos serviços
	SC84 – Alinhamento de objetivos de negócio com as <i>smart cities</i>
	SC86 – Investimento em R&D
	SC89 – Eficiência no planeamento urbano
C4 PESSOAS	SC32 – Inclusão digital dos cidadãos
	SC39 – Análise dos desafios sociais para promoção de serviços
	SC42 – Participação da comunidade no desenho das <i>smart cities</i>
	SC108 – Programas de formação de competências
	SC109 – Promoção da consciencialização sobre <i>smart cities</i> , Sociedade 5.0 e tecnologia associada às mesmas

Seguidamente, foi pedido aos decisores que preenchessem cinco matrizes (*i.e.*, uma *inter-clusters* e quatro *intra-clusters*), com valores decorrentes da aplicação da metodologia DEMATEL em ambiente neutrosófico (*i.e.*,  $x(T, I, F)$ ). Assim, foi-lhes explicado que o valor  $x$ , referente à escala DEMATEL, teria de ser compreendido entre 0 e 4 (*i.e.*, sendo 4 o maior nível de influência verificado entre critérios), enquanto os restantes valores (*i.e.*,  $T, I, F$ ), referentes à lógica neutrosófica, teriam de ser compreendidos, individualmente, entre 0 e 1, dado serem referentes às percentagens de certeza, incerteza e falsidade, respetivamente, demonstradas pelos decisores na “pontuação” e “afirmação” de influência. A sessão foi dada

como terminada com o preenchimento de todas as matrizes. Após obtidos todos os resultados, foi necessário, primeiramente, crispificar os valores para, subsequentemente, ser possível aplicar a metodologia DEMATEL.

A matriz inter-*clusters* foi a primeira a ser preenchida pelos decisores e representa a inter-relação entre *clusters* (ver *Quadro 4.2*). Utilizando cada um dos 4 valores individuados em cada célula da matriz, foi possível obter um valor único crispificado para cada inter-relação. Essa matriz inicial encontra-se representada no *Quadro 4.4*, estando os cálculos da crispificação apresentados no *Quadro 4.3*. Posto isto, foram aplicadas as Equações (3) e (4) do *Capítulo 3* (ver *Quadro 4.5*) para ser obtida a matriz de influência direta normalizada, apresentada no *Quadro 4.6*. Para a aplicação da Equação (5) e consequente obtenção da Matriz *T*, foram necessárias três iterações. Os cálculos de suporte, bem como a Matriz *T*, encontram-se espelhados no *Quadro 4.7*.

**Quadro 4.2.** Matriz Inter-*Clusters* com Valores Neutrosóficos Resultantes da 2ª Sessão

	C1	C2	C3	C4
C1	--	2 (0.95,0.4,0.1)	3 (0.8, 0.2, 0.15)	3.5 (0.95, 0.1, 0.1)
C2	1.5 (0.9,0.45,0.1)	--	3 (0.9, 0.1, 0.1)	3 (0.85, 0.2, 0.1)
C3	1 (0.75,0.4, 0.1)	4 (0.9, 0.1, 0.1)	--	1.5 (0.6, 0.5,0.45)
C4	4 (0.95,0.1, 0.1)	3 (0.95, 0.3, 0.3)	3.5 (0.85, 0.15, 0.15)	--

**Quadro 4.3.** Crispificação de Valores Neutrosóficos – Inter-Cluster

	Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
			T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso Neutrosófico $w$ Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ GERAL – Inter-Clusters	C1-C2	2.0	0.95	0.40	0.10	0.7602	0.0788	1.52
	C1-C3	3.0	0.80	0.20	0.15	0.8152	0.0845	2.44
	C1-C4	3.5	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0947	3.20
	C2-C1	1.5	0.90	0.45	0.10	0.7277	0.0754	1.09
	C2-C3	3.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0933	2.70
	C2-C4	3.0	0.85	0.20	0.10	0.8445	0.0875	2.53
	C3-C1	1.0	0.75	0.40	0.10	0.7216	0.0748	0.72
	C3-C2	4.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0933	3.60
	C3-C4	1.5	0.60	0.50	0.45	0.5482	0.0568	0.82
	C4-C1	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0947	3.65
	C4-C2	3.0	0.95	0.30	0.30	0.7534	0.0781	2.26
	C4-C3	3.5	0.85	0.15	0.15	0.8500	0.0881	2.98
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	9.6475	1	

**Quadro 4.4.** Matriz Inicial de Influência Direta – Inter-Clusters

	C1	C2	C3	C4	SUM
C1	0.0	1.5	2.4	3.2	7.2
C2	1.1	0.0	2.7	2.5	6.3
C3	0.7	3.6	0.0	0.8	5.1
C4	3.7	2.3	3.0	0.0	8.9
SUM	5.5	7.4	8.1	6.6	

**Quadro 4.5.** Cálculos Intermédios

Max	8.1	8.9
1/Max	0.1231	0.1125
1/s	0.1125	



**Quadro 4.6.** Matriz de Influência Direta Normalizada, X – Inter-Clusters

	C1	C2	C3	C4
C1	0.0000	0.1711	0.2751	0.3597
C2	0.1228	0.0000	0.3038	0.2850
C3	0.0812	0.4050	0.0000	0.0925
C4	0.4110	0.2543	0.3347	0.0000

**Quadro 4.7.** Matriz T com os Respectivos Cálculos Intermédios – Inter-Clusters

I

	C1	C2	C3	C4
C1	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C2	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
C3	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
C4	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	C1	C2	C3	C4
C1	1.0000	-0.1711	-0.2751	-0.3597
C2	-0.1228	1.0000	-0.3038	-0.2850
C3	-0.0812	-0.4050	1.0000	-0.0925
C4	-0.4110	-0.2543	-0.3347	1.0000

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

	C1	C2	C3	C4
C1	1.5744	0.9170	1.0203	0.9220
C2	0.6060	1.6845	0.9412	0.7852
C3	0.4617	0.8577	1.5737	0.5561
C4	0.9557	1.0923	1.1854	1.7647

Matriz T

	C1	C2	C3	C4	R
C1	0.5744	0.9170	1.0203	0.9220	3.4337
C2	0.6060	0.6845	0.9412	0.7852	3.0168
C3	0.4617	0.8577	0.5737	0.5561	2.4491
C4	0.9557	1.0923	1.1854	0.7647	3.9982
C	2.5978	3.5514	3.7205	3.0280	

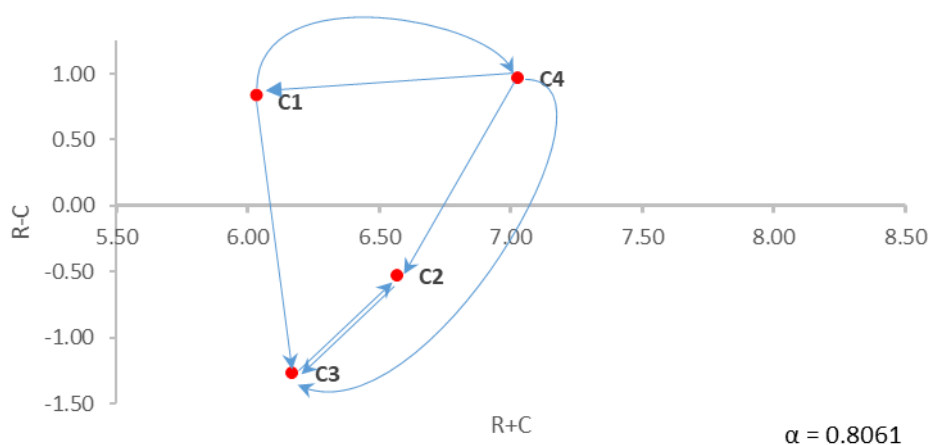
No *Quadro 4.8* encontram-se calculados os valores de  $R$  e  $C$ , bem como a operação aritmética de soma e subtração entre os mesmos, importantes para a constituição do digrama de relações DEMATEL.

**Quadro 4.8.** Interações Inter-Cluster

	R	C	R+C	R-C
C1	3.4337	2.5978	6.0314	0.8359
C2	3.0168	3.5514	6.5683	-0.5346
C3	2.4491	3.7205	6.1697	-1.2714
C4	3.9982	3.0280	7.0261	0.9702

Relembrando do *Capítulo 3*,  $(R-C)$  assinala o grau de influência que um dado fator, neste caso *cluster*, apresenta no sistema em relação aos demais, sendo que para tal subdividirá estes fatores em: (1) grupo das causas, quando  $(R-C) > 0$ ; e (2) grupo do efeito, quando  $(R-C) < 0$ . Por outro lado,  $(R+C)$  reporta a importância que um fator tem no sistema, simbolizando o total de efeitos dados e recebidos por cada fator. Assim, quando transpostas estas dimensões para o diagrama de relações DEMATEL, onde o eixo vertical é representado por  $(R-C)$  e o eixo horizontal é representado por  $(R+C)$ , conclui-se que a posição dos fatores representa a conjugação de ambas as dimensões.

Posto isto, pela observação da dimensão  $(R+C)$ , verifica-se que as *Pessoas* (C4) representam o *cluster* de maior importância e a *Legislação e Políticas Públicas* (C1) o de menor importância para o estudo. Assim, ordenando os *clusters* pela sua ordem de importância, temos:  $C4 > C2 > C3 > C1$ . Adicionalmente, pela observação da dimensão  $(R-C)$ , verifica-se que o C1 e o C4 são parte integrante do grupo de causas, exercendo influência direta sobre os outros *clusters*. Por seu lado, C2 e C3 (*i.e.*, *Tecnologia* e *Performance*, respetivamente) pertencem ao grupo de efeitos e, portanto, são fatores passivos na influência dos demais *clusters*, sendo por isso influenciados por eles. Pela análise da *Figura 4.3*, podemos ainda classificar os *clusters* em: (1) C4 é *core factor*, QI; (2) C1 é um *driving factor*, QII; (3) C3 é um *independent factor*, QIII; e, (4) C2 é um *impact factor*, QIV.



**Figura 4.3.** Diagrama de Relações – Inter-Cluster

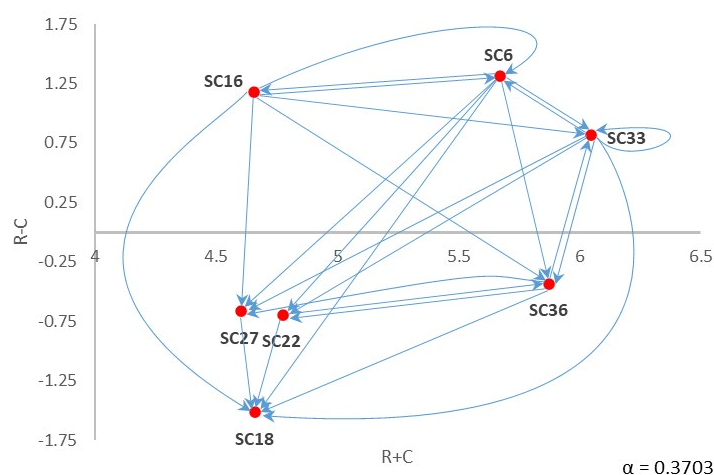
Esta análise foi replicada para cada *cluster* de forma individualizada, a fim de se obter uma análise mais exaustiva da temática. Uma vez que a análise é similar à análise inter-*cluster*, serão apenas apresentados os resultados das interações entre as iniciativas, bem como o diagrama de relações. Os cálculos intermédios encontram-se nos *Apêndices A, B, C e D*, respetivamente.

Partindo para a análise do primeiro *cluster* (i.e., *Legislação e Políticas Públicas* (C1)), verifica-se que a iniciativa que maior influência exerce nas demais é a SC6 – *políticas governamentais* (ver *Quadro 4.1*) – dado possuir o maior valor de R (i.e., 3.4924). Em contrapartida, SC36 – *standardização/normas de modelos para smart cities em termos de plataformas, tecnologias, etc.* (ver *Quadro 4.1*) – é o mais influenciado pelas demais iniciativas, dado que C = 3.1546. Pela dimensão (R+C), verifica-se que a *criação de políticas governamentais plurianuais que possibilitem a criação de estratégias a longo prazo para a adoção tecnológica* (SC33) representa a iniciativa de maior importância, enquanto o *desenvolvimento e acesso a infraestruturas* (SC27) assume menor importância para o estudo. Assim, ordenando as iniciativas pela sua ordem de importância, temos: SC33 > SC36 > SC6 > SC22 > SC18 > SC16 > SC27. Adicionalmente, pela dimensão (R–C), verifica-se que SC6, SC16 e SC33 são parte integrante do grupo de causas, sendo as restantes iniciativas pertencentes ao grupo de efeitos.

**Quadro 4.9.** Interações entre Iniciativas no *Cluster 1*

	R	C	R+C	R-C
SC6	3.4924	2.1786	5.6710	1.3138
SC16	2.9155	1.7395	4.6550	1.1760
SC18	1.5733	3.0875	4.6609	-1.5142
SC22	2.0400	2.7347	4.7748	-0.6947
SC27	1.9685	2.6326	4.6011	-0.6641
SC33	3.4332	2.6149	6.0481	0.8183
SC36	2.7194	3.1546	5.8740	-0.4352

Através da *Figura 4.4*, podemos ainda classificar as iniciativas de acordo com os quadrantes a que pertencem, nomeadamente: (1) SC6 e SC33 como *core factors* (QI); (2) SC16 como *driving factor* (QII); (3) SC18, SC22 e SC27 como *independent factors* (QIII); e (4) SC36 como *impact factor* (QIV).



**Figura 4.4.** Diagrama de Relações – *Cluster 1*

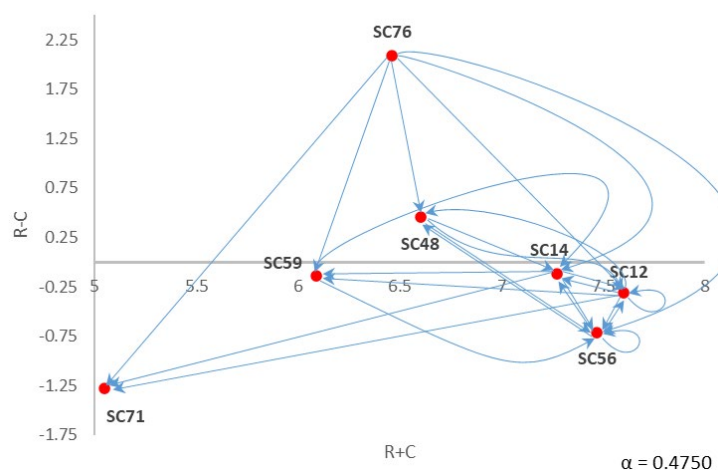
Continuando a análise, agora no *cluster Tecnologia (C2)*, verifica-se que a iniciativa que maior influência exerce nas demais é a SC76 – *criação de parcerias com grandes empresas no sector tecnológico para promover inovação* (ver *Quadro 4.10*) – com um valor R = 4.277. Em contrapartida, a SC56 – *privacy by design* (ver *Quadro 4.10*) – é a que recebe maior influência, com C = 4.0901. Verifica-se ainda que a iniciativa mais importante é a *partilha de open data* (SC12), sendo a *inexistência de base de BD partilhada* (SC71) a menos importante. Assim, ordenando as iniciativas pela sua ordem de importância temos: SC12 > SC56 > SC14

> SC48 > SC76 > SC59 > SC71. Adicionalmente, verifica-se ainda que SC48 e SC76 são parte integrante do grupo de causas, sendo as restantes iniciativas pertencentes ao grupo de efeitos.

**Quadro 4.10.** Interações entre Iniciativas no *Cluster 2*

	R	C	R+C	R-C
SC12	3.6455	3.9553	7.6007	-0.3098
SC14	3.5798	3.6941	7.2739	-0.1143
SC48	3.5261	3.0747	6.6008	0.4514
SC56	3.3795	4.0901	7.4696	-0.7106
SC59	2.9774	3.1134	6.0908	-0.1360
SC71	1.8879	3.1616	5.0495	-1.2738
SC76	4.2770	2.1840	6.4610	2.0930

Pela análise da *Figura 4.5*, podemos ainda classificar as iniciativas de acordo com: (1) *driving factors*: SC48 e SC76; (2) *independent factors*: SC59 e SC71; e (3) *impact factors*: SC12, SC14 e SC56.



**Figura 4.5.** Diagrama de Relações – *Cluster 2*

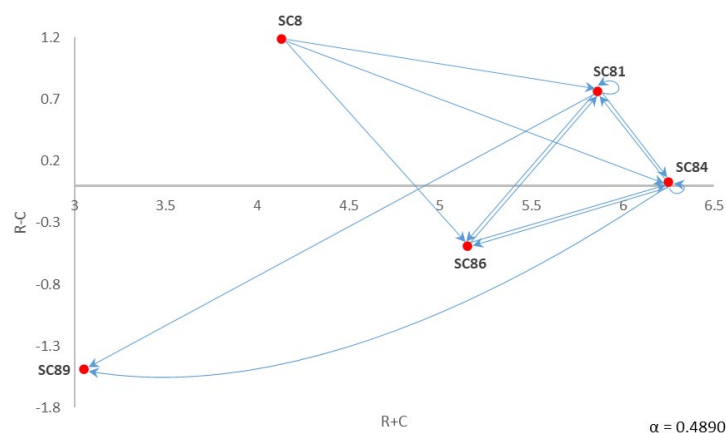
Relativamente ao *cluster Performance (C3)*, verifica-se que a iniciativa que maior influência exerce nas demais é a SC81 – *parcerias entre empresas para criação de sinergias e novos serviços* (ver *Quadro 4.11*) – com  $R = 3.3120$ . Em contrapartida, SC84 – *alinhamento de objetivos de negócio com smart cities* (ver *Quadro 4.11*) – é a que recebe maior influência, com  $C = 3.1111$ . Verifica-se ainda que esta iniciativa é a mais importante, sendo a menos importante a *eficiência no planeamento urbano* (SC89). Assim, ordenando as iniciativas

pela sua ordem de importância temos: SC81 > SC84 > SC8 > SC86 > SC89. Para além disso, verifica-se ainda que SC86 e SC89 são parte integrante do grupo de efeito, sendo as restantes iniciativas pertencentes ao grupo de causa.

**Quadro 4.11.** Interações entre Iniciativas no *Cluster 3*

	R	C	R+C	R-C
SC8	2.6601	1.4734	4.1335	1.1867
SC81	3.3120	2.5489	5.8609	0.7632
SC84	3.1388	3.1111	6.2498	0.0277
SC86	2.3302	2.8200	5.1502	-0.4898
SC89	0.7832	2.2710	3.0542	-1.4877

Pela análise da *Figura 4.6*, podemos ainda classificar as iniciativas de acordo com: (1) *core factors*: SC81 e SC84; (2) *driving factor*: SC8; (3) *independent factor*: SC89; e (3) *impact factor*: SC86.



**Figura 4.6.** Diagrama de Relações – *Cluster 3*

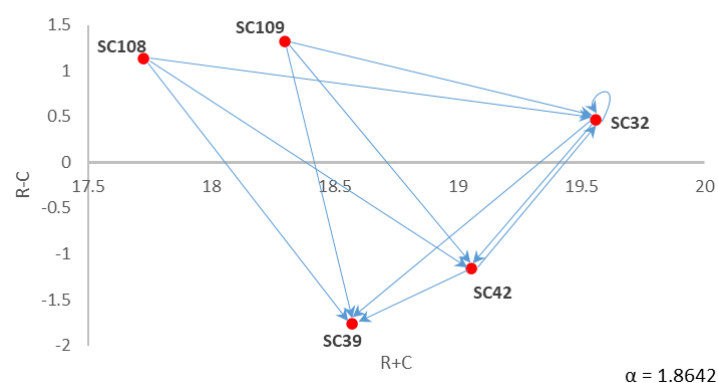
Por último, no *cluster Pessoas (C4)*, verifica-se que a iniciativa que maior influência exerce nas demais é a SC32 – *inclusão digital dos cidadãos* (ver *Quadro 4.12*) – com  $R = 10.0122$ . Em contrapartida, SC39 – *análise dos desafios sociais para promoção de serviços* (ver *Quadro 4.12*) – é a que recebe maior influência, com  $C = 10.1675$ . Verifica-se ainda que a iniciativa mais importante é a que exerce maior influência no sistema (*i.e.*, SC32), sendo a menos importante relativa a *programas de formação de competências* (SC108). Desta forma, ordenando as iniciativas pela sua ordem de importância temos: SC32 > SC42 > SC39 > SC109

> SC108. Para além disso, verifica-se ainda que SC39 e SC42 são parte integrante do grupo de efeito, sendo as restantes iniciativas pertencentes ao grupo de causa.

**Quadro 4.12.** Interações entre Iniciativas no *Cluster 4*

	R	C	R+C	R-C
SC32	10.0122	9.5478	19.5599	0.4644
SC39	8.4051	10.1675	18.5725	-1.7624
SC42	8.9470	10.1086	19.0556	-1.1616
SC108	9.4302	8.2942	17.7244	1.1359
SC109	9.8102	8.4865	18.2967	1.3237

Com base na *Figura 4.6*, podemos ainda classificar as iniciativas de acordo com: (1) *core factor*: SC32; (2) *driving factors*: SC108 e SC109; (3) *independent factor*: SC39; e, (3) *impact factor*: SC42.



**Figura 4.7.** Diagrama de Relações – *Cluster 4*

Para finalizar o processo de avaliação dos resultados, foi conduzida uma sessão de consolidação com uma entidade imparcial, sendo esse o assunto a tratar no próximo ponto.

### 4.3 Consolidação de Resultados, Limitações e Recomendações

Para finalizar o estudo, foi realizada uma sessão de consolidação/validação dos resultados obtidos com uma especialista imparcial ao estudo. Especificamente, a responsável pela coordenação da digitalização do Estado português na Portugal Digital (*i.e.*, agência cujo

objetivo é acelerar a transformação digital em Portugal). Esta sessão começou com uma breve explicação do tópico em estudo, seguido da explicação do funcionamento das metodologias utilizadas e dos resultados obtidos. Em suma, esta sessão tinha como principal objetivo permitir à especialista analisar os resultados obtidos, bem como expressar a sua opinião no que toca às vantagens e às limitações associadas ao modelo e/ou metodologias utilizadas.

No decorrer da sessão, a especialista ficou surpreendida com a proximidade de algumas iniciativas à realidade que tinha sido observada num estudo que está a decorrer em 50+ municípios e freguesias. Salientou que, tal como apurado no presente estudo, a *simplificação dos processos de contratação pública* (SC8), pertencente ao *Cluster Performance*, bem como os *programas de formação de competências* (SC108) e *promoção da consciencialização sobre smart cities, Sociedade 5.0 e tecnologia associada às mesmas* (SC109), pertencentes ao *Cluster Pessoas*, foram os temas com maior relevância e classificados como fulcrais para o desenvolvimento da temática. Por conseguinte, “o trabalho demonstra um enorme rigor” (nas suas próprias palavras).

Apesar disso, foi mencionado que o estudo aqui realizado teve a participação de poucos especialistas, pelo que os resultados poderão ser limitativos no que toca à sua abrangência e espelho da realidade de múltiplos setores e dimensões. Importa ter presente, no entanto, que o número de especialistas que colaborou no presente estudo respeitou o intervalo sugerido por Bana e Costa *et al.* (2002). Além disso, a natureza processual da investigação desenvolvida leva a que não faça sentido falar em lógicas de amostragem, pois representatividade não é – nem pode ser – uma preocupação neste tipo de abordagem metodológica (Ferreira, 2011). A especialista percebeu esta orientação, mas notou que algumas iniciativas careciam de maior detalhe. Não obstante, considerou que o processo de obtenção de resultados recorreu à utilização de metodologias válidas e que originaram resultados muito similares ao observado no estudo desenvolvido pela Portugal Digital, mas de forma mais integrada.



Este quarto capítulo foi desenvolvido com o intuito de demonstrar a aplicação prática das metodologias adotadas, analisar os resultados obtidos e consolidar o estudo com um especialista imparcial. Primeiramente (*i.e.*, na fase de estruturação), foi necessário reunir elementos de avaliação que fossem adequados ao estudo – *i.e.*, iniciativas e desafios na adaptação das empresas à trilogia *smart city*, Sociedade 5.0 e AI. Tal só foi possível através da discussão entre os especialistas convidados a participar nas sessões de trabalho em grupo. Uma vez obtidas essas iniciativas, as mesmas foram agrupadas em quatro *clusters*, sendo que, de seguida, dentro de cada um deles, foram hierarquizadas de acordo com a sua importância. A segunda etapa (*i.e.*, fase de avaliação) recorreu, numa primeira instância, à utilização do mesmo grupo de *experts* para selecionar os critérios a analisar as suas interações e, por último, à cristificação dos valores a fim de obter o diagrama de relações. Assim sendo, foi pedido aos especialistas que identificassem as iniciativas com maior relevância para o estudo e que atribuíssem “pontuações” às interações *inter* e *intra-clusters*. Assim, a escala DEMATEL foi utilizada para perceber qual o grau de influência que cada *cluster* exerce nos restantes *clusters*, utilizando uma escala que varia entre 0 (*i.e.*, sem influência) e 4 (*i.e.*, influência muito alta). O mesmo exercício foi feito, de forma particularizada, para cada um dos *clusters*, tendo em conta as relações de influência dos critérios identificados em cada *cluster*. Adicionalmente, cada interação foi pontuada com uma percentagem de verdade, incerteza ou falsidade associada à afirmação, característica da lógica neutrosófica. Como resultado deste processo, obtiveram-se as relações de causalidade entre os demais fatores, bem como a importância que cada um possui. Por último, no sentido de consolidar os resultados, foi realizada uma sessão de trabalho com a responsável da digitalização do Estado português, que identificou benefícios e limitações do modelo desenvolvido. A maior limitação prendeu-se com o reduzido número de perfis de especialistas trazidos para a discussão, bem como à generalidade de algumas iniciativas. Contudo, a natureza processual da investigação desenvolvida leva a que não faça sentido falar em lógicas de amostragem, pois representatividade não é – nem pode ser – uma preocupação neste tipo de abordagem metodológica. Nessa sequência, as técnicas aplicadas foram consideradas válidas e podem ser utilizadas noutros casos relacionados com a temática abordada na presente dissertação.

### 5.1. Principais Resultados e Limitações da Aplicação

Esta dissertação procurou criar um *modelo de apoio à tomada de decisão com recurso à análise dinâmica das iniciativas de adaptação empresarial ao contexto smart city, Sociedade 5.0 e AI*, recorrendo às seguintes metodologias: (1) mapeamento cognitivo; e (2) DEMATEL em ambiente neutrosófico. Para a construção do modelo, foi necessário analisar o ecossistema de variáveis que influenciam objetiva e subjetivamente este tópico. A combinação de ambas as metodologias permite a incorporação da subjetividade e da incerteza associadas a cada fator, bem como uma melhor compreensão do processo de tomada de decisão através da utilização da técnica DEMATEL e da lógica neutrosófica. Adicionalmente, a utilização do mapeamento cognitivo permitiu ultrapassar a falta de uma visão holística sobre a temática.

Composta por cinco capítulos, esta dissertação procurou: (1) primeiramente, realizar um enquadramento do tema, apresentando os objetivos, a metodologia e os principais resultados esperados com a investigação; (2) em segundo lugar, aprofundar os conceitos de *smart city*, Sociedade 5.0 e AI, bem como explorar a relação entre eles e analisar os diferentes contributos para a temática sem deixar de explorar as respetivas limitações metodológicas; (3) concretizar um enquadramento metodológico; (4) proceder à apresentação e à análise dos resultados obtidos, materializando a componente empírica da dissertação; e, por último, (5) sumarizar as principais conclusões e propor sugestões para futuras investigações.

O processo de desenvolvimento do modelo foi realizado com recurso a um painel de especialistas. Daqui resultaram quatro áreas de interesse (*i.e.*, *Legislação e Políticas Públicas*, *Tecnologia*, *Performance* e *Pessoas*), sendo que dentro de cada uma foi possível identificar as iniciativas de maior importância e as relações causa-efeito entre elas. Por conseguinte, ordenando os *clusters* por ordem de importância, obteve-se a seguinte sequência: (1) *Pessoas* (C4), onde a *inclusão digital dos cidadãos* é o critério mais importante; (2) *Tecnologia* (C2), onde a *criação de parcerias com grandes empresas no sector tecnológico para promover inovação* se destacou dos demais; (3) *Performance* (C3), onde as *parcerias entre empresas para criação de sinergias e novos serviços* é o critério com maior relevância; e, por último, (4)

*Legislação e Políticas Públicas* (C1), onde as *políticas governamentais* são vistas como o critério mais importante.

Naturalmente, todos os estudos apresentam limitações, pelo que este não é exceção à regra. Dado que as sessões com os especialistas foram conduzidas via *Teams*, torna-se relevante mencionar que existiram problemas de conexão em todas as sessões, algo que dificultou a forma como as sessões fluíram, bem como o modo como os especialistas interagiram com as plataformas e/ou demais participantes. A propósito desta limitação, é necessário mencionar que as sessões de grupo foram realizadas durante a semana e em horário pós-laboral. Como tal, é compreensível que os especialistas acusassem cansaço e não estivessem tão pró-ativos no debate de ideias. Adicionalmente, uma vez que a escolha do painel influencia os resultados obtidos, pode afirmar-se que o modelo não retrata uma realidade absoluta para todas as dimensões do conhecimento e/ou especificação de cada setor. Por conseguinte, o modelo não é passível de ser generalizado para todas as realidades sem as respetivas adaptações. Não obstante, os resultados, segundo a especialista da Portugal Digital, são promissores e, como tal, poderão ajudar no levantamento de iniciativas empresarias, impulsionando assim a rápida definição de um plano estratégico para colocar as demais iniciativas em prática.

## **5.2. Reflexões e Implicações Teórico-Práticas para a Gestão**

Numa fase inicial, a fim de procurar perceber-se mais sobre a temática em análise, foram analisados estudos anteriores e, como consequência desta análise, algumas limitações foram observáveis, nomeadamente: (1) incapacidade no estabelecimento de relações causa-efeito entre critérios; (2) incapacidade na análise de critérios subjetivos, uma vez que se premeia a utilização de metodologias assentes na “otimização matemática”; (3) reduzida equação de cenários; e, por último, (4) escassez de análises dinâmicas sobre as problemáticas identificadas.

Assim, procurou-se utilizar metodologias que endereçassem tais limitações. O mapeamento cognitivo permite, através da promoção de discussões e da partilha de informação entre *experts*, reduzir a taxa de critérios omissos no processo de decisão (Ribeiro *et al.*, 2017). A lógica neutrosófica permite a incorporação da subjetividade e da incerteza associada ao conhecimento e decisão humana. Por último, a DEMATEL possibilita a visualização das relações causa-efeito entre critérios. Desta forma, a incorporação destas metodologias foi escolhida por permitir endereçar as limitações inicialmente detetadas, a fim de tornar o modelo desenvolvido promissor ao nível da sua análise e possível utilização futura.

### 5.3. Futura Investigação

Os resultados obtidos espelham o *know-how* e as convicções do grupo de decisores, sendo que tal só foi possível dado que as metodologias utilizadas são orientadas para o processo, que se deseja construtivo e de aprendizagem. Assim, a escolha das iniciativas empresariais que possibilitam a implementação de um plano estratégico para o contexto da trilogia, pode beneficiar da utilização combinada destas metodologias.

Não obstante, existem outras técnicas MCDA que poderão também ser utilizadas na exploração desta temática e que são pertinentes para futuros projetos. Adicionalmente, futuras investigações devem compreender um grupo de especialistas maior e mais diverso em termos de setores e experiência internacional. Só assim poderá ser possível uma análise além-fronteiras e a criação de sinergias entre realidades similares. Todos estes ajustes procurarão suportar a expansão das análises e dos planos de implementação a outros cenários e contextos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21.
- Allam, Z. & Dhunny, Z. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 89, 80–91.
- Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 47, 95–106.
- Bana e Costa, C., Corrêa, E., De Corte, J., & Vansnick, J. (2002). Facilitating bid evaluation in public call for tenders: A socio-technical approach. *Omega – The International Journal of Management Science*, 30(3), 227–242.
- Bana e Costa, C., Stewart, T., & Vansnick, J. (1997). Multicriteria decision analysis: Some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings. *European Journal of Operational Research*, 99(1), 28–37.
- Bartoloni, S., Calò, E., Marinelli, L., Pascucci, F., Dezi, L., Carayannis, E., Revel, G., & Gregori, G. (2022). Towards designing society 5.0 solutions: The new quintuple helix-design thinking approach to technology. *Technovation*, 113, 1–14.
- Brito, V., Ferreira, F., Perez-Gladish, B., Govindan, K., & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2019). Developing a green city assessment system using cognitive maps and the Choquet integral. *Journal of Cleaner Production*, 218, 486–497.
- Caird, S. (2018). City approaches to smart city evaluation and reporting: Case studies in the United Kingdom. *Urban Research & Practice*, 11(2), 159–179.
- Caragliu, A., Del Bo, C. & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82.
- Castanho, M., Ferreira, F., Carayannis, E., & Ferreira, J. (2019). SMART-C: Developing a “smart city” assessment system using cognitive mapping and the Choquet integral. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(2), 562–573.
- Chen, M., Ebert, D., Hagen, H., Laramée, R., Liere, R., Ma, K., Ribarsky, W., Scheuermann, G., & Silver, D. (2009). Data, information and knowledge in visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(1), 12–19.
- Chen, V., Lin, J., & Tzeng, G. (2019). Assessment and improvement of wetlands environmental protection plans for achieving sustainable development. *Environmental Research*, 169(33), 280–296.
- Cioffi, R., Travaglioni, M., Piscitelli, G., Petrillo, A., & De Felice, F. (2020). Artificial intelligence and machine learning applications in smart production: Progress, trends, and directions. *Sustainability*, 12(2), 1–26.
- Copenhagen Solutions Lab. (2018). *City Data Exchange – Lessons Learned from a Public/Private Data Collaboration*. Municipality of Copenhagen and Capital Region of Denmark. Disponível online em: <https://www.smartcitiesworld.net/news/news/copenhagen-shares-takeaways-from-its-city-data-exchange-2961> [Setembro 2021].
- Costa, D. & Oliveira, F. (2020). A prioritization approach for optimization of multiple concurrent sensing applications in smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 108, 228–243.
- Cronin, K., Midgley, G., & Jackson, L. (2014). Issues mapping: A problem structuring method for addressing science and technology conflicts. *European Journal of Operational Research*, 233(1), 145–158.
- Deakin, M. (2015). *Smart Cities: Governing, Modelling and Analysing the Transition*. London: Routledge.

- Demir, K., Doven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and human-robot co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688–695.
- Dorsemaine, B., Gaulier, J., Wary, J., Kheir, N., & Urien, P. (2015). Internet of Things: A definition & taxonomy. *Proceedings of the IEEE 9<sup>th</sup> International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies* (pp. 72–77). Cambridge, UK.
- Eden, C. & Ackermann, F. (2004). Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 615–630.
- Eden, C. (2004). Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, 159(3), 673–686.
- Eremia, M., Toma, L., & Sanduleac, M. (2017). The smart city concept in the 21st century. *Procedia Engineering*, 181, 12–19.
- Fathi, M., Marufuzzaman, M., Buchanan, R., Rinaudo, C., Houte, K., & Bian, L. (2021). An integrated pricing, QoS-aware sensor location model for security protection in society 5.0. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–13. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3088389>.
- 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*. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03194-2>.
- Ferreira, F. (2011). *Avaliação Multicritério de Agências Bancárias: Modelos e Aplicações de Análise de Decisão*. Faro: Faculdade de Economia da Universidade do Algarve e Fundação para a Ciência e a Tecnologia.
- Ferreira, F., Kannan, D., Meidutė-Kavaliauskienė, I., & Vale, I. (2021). A sociotechnical approach to vaccine manufacturer selection as part of a global immunization strategy against epidemics and pandemics. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04347-y>.
- Fonseca, M., Ferreira, F., Fang, W., & Jalali, M. (2018). Classification and selection of tenants in residential real estate: a constructivist approach. *International Journal of Strategic Property Management*, 22(1), 1–11.
- Freire, C., Ferreira, F., Carayannis, E., & Ferreira, J. (2021). Artificial intelligence and smart cities: A DEMATEL approach to adaptation challenges and initiatives. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3098665>.
- Gabus, A. & Fontela, E. (1972). *World Problems: An Invitation to Further Thought Within the Framework of DEMATEL*, Geneva: Battelle Geneva Research Centre.
- Gandomi, A. & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2), 137–144.
- Giffinder, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E., (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities – Final Report*. Vienna: Centre of Regional Science – Vienna UT.
- Granrath, L. (2017). *Japan's Society 5.0: Going Beyond Industry 4.0*. Japan Industry News. Disponível online em: <https://www.japanindustrynews.com/2017/08/japans-society-5-0-going-beyond-industry-4-0> [Setembro 2021].
- Gupta, A. (2018). Introduction to deep learning: Part 1. *Chemical Engineering Progress*, 114(6), 22–29.
- Hitachi-UTokyo Laboratory (2020). *Society 5.0: A People-Centric Super-Smart Society*. Tokyo: Springer.

- Iqbal, R., Doctor, F., More, B., Mahmud, S., & Yousuf, U. (2020). Big data analytics: Computational intelligence techniques and application areas. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 1–13.
- Kalali, A., Richerson, S., Ouzunova, E., Westphal, R., & Miller, B. (2019). Chapter 16 - Digital Biomarkers in Clinical Drug Development. In G. Nomikos & D. Feltner (Eds.), *Translational Medicine in CNS Drug Development* (pp. 229–238). Handbook of Behavioral Neuroscience.
- Kandasamy, W. & Smarandache, F. (2003). *Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophic Cognitive Maps*. Phoenix: Xiquan.
- Kelly, G. (1955). *The Psychology of Personal Constructs*. London: Routledge.
- Lim, C., Cho, G., & Kim, J. (2021). Understanding the linkages of smart-city technologies and applications: Key lessons from a text mining approach and a call for future research. *Technological Forecasting & Social Change*, 170, 1–13.
- Lin, C., Hsieh, M., & Tzeng, G. (2010). Evaluating vehicle telematics system by using a novel MCDM techniques with dependence and feedback. *Expert Systems with Applications*, 37(10), 6723–6736.
- Lousada, A., Ferreira, F., Meidutė-Kavaliauskienė, I., Spahr, R., Sunderman, M., & Pereira, L. (2021). A sociotechnical approach to causes of urban blight using fuzzy cognitive mapping and system dynamics. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 108, 1–13.
- Marttunen, M., Lienert, J., & Belton, V. (2017). Structuring problems for multi-criteria decision analysis in practice: A literature review of method combinations. *European Journal of Operational Research*, 263(1), 1–17.
- Mishra, M., Parashar, V., & Shimpi, R. (2020). Development and evaluation of an AI System for early detection of Covid-19 pneumonia using X-ray (Student Consortium). *IEEE Sixth International Conference on Multimedia Big Data (BigMM)* (pp. 292–296). New Delhi, India.
- Mtshali, P. & Khubisa, F. (2019). A Smart Home Appliance Control System for Physically Disabled People. *Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)* (pp. 1–15). Durban, South Africa.
- Munda, G. (2004). Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research*, 158(3), 662–677.
- Nagy, K. & Hajrizi, E. (2019). Building pillars for adapting society 5.0 in post-conflict countries. *IFAC PapersOnLine*, 52(25), 40–45.
- National Academy of Science and Engineering (Acatech) (2013). *Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. German Federal Ministry of Education and Research. Disponível online em: <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group> [Setembro 2021].
- Ongsulee, P. (2017). Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning. *15<sup>th</sup> International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)* (pp. 1–6). Bangkok, Thailand.
- Portulans Institute (2020). *The Network Readiness Index 2020: Accelerating Digital Transformation in post-COVID Global Economy*. Disponível online em: <https://networkreadinessindex.org/> [Setembro 2021].
- Pramanik, M., Lau, R., Demirkan, H., & Azad, M. (2017). Smart health: Big data enabled health paradigm within smart cities. *Expert Systems with Applications*, 87, 370–383.



- 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.
- Ribeiro, M., Ferreira, F., Jalali, M., & Meidutė-Kavaliauskienė, I., (2017). A fuzzy knowledge-based framework for assessing of residential real estate investments. *Technical and Economic Development of Economy*, 23(1), 140–156.
- Rittel, J. & Webber, M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Science*, 4, 155–169.
- Rivieccio, U. (2008). Neutrosophic logics: Prospects and problems. *Fuzzy Sets and System*, 159(14), 1860–1868.
- 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, 1–15.
- Rosenhead, J. (2006). Past, present and future of problem structuring methods. *Journal of the Operational Research Society*, 57(7), 1–7.
- Rosenhead, J. (2013). Problem Structuring Methods. In S. Gass & M. Fu (Eds.) *Encyclopedia of Operations Research and Management Science* (pp. 1162–1172). Boston: Springer.
- Si, S., You, X., Liu, C., & Zhang, P. (2018). DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1–34.
- Singh, K. & Sobti, R. (2022). Long-range real-time monitoring strategy for precision irrigation in urban and rural farming in society 5.0. *Computers & Industrial Engineering*, 167, 1–21.
- Smarandache, F. & Pramanik, S. (2016). *New Trends in Neutrosophic Theory and Applications*. Brussels: Pons Editions.
- Smarandache, F. (1999). *A Unifying Field in Logics, Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic*. Rehoboth: American Research Press.
- Smarandache, F. (2007). *A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics*. New Mexico: InfoLearnQuest.
- Smith, C. & Shaw, D. (2019). The characteristics of problem structuring methods: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 274(2), 403–416.
- Song, W. & Cao, J. (2017). A rough DEMATEL-based approach for evaluating interaction between requirements of product-service system. *Computers & Industrial Engineering*, 110, 353–363.
- Steiger, D. & Steiger, N. (2008). Instance-based cognitive mapping: A process for discovering a knowledge worker's tactic mental model. *Knowledge Management Research & Practice*, 6(4), 312–321.
- Sumrit, D. & Anuntavoranich, P. (2013). Using DEMATEL method to analyze the causal relations on technological innovation capability evaluation factors in Thai technology-based firms. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 4(2), 81–103.
- TechAmerica Foundation's Federal Big Data Commission. (2012). *Demystifying Bigdata: A Practical Guide to Transforming the Business of Government*. Disponível online em: <https://breakinggov.sites.breakingmedia.com/wp-content/uploads/sites/4/2012/10/TechAmericaBigDataReport.pdf> [Setembro 2021].
- Ullah, Z., Al-Turjman, F., Mostarda, L., & Gagliardi, R. (2020). Applications of artificial intelligence and machine learning in smart cities. *Computer Communications*, 154, 313–323.

- United Nations Environment Programme (UNEP) Division of Technology, Industry & Economics. (2011). *Visions for change: Recommendations for Effective Policies on Sustainable Lifestyles*. Disponível online em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8009> [Setembro 2021].
- Windén, W. & Buuse, D. (2017). Smart city pilot projects: Exploring the dimensions and conditions of scaling up. *Journal Urban Technology*, 24(4), 51–72.
- Yazdi, M., Khan, F., Abbassi, R., & Rusli, R. (2020). Improved DEMATEL methodology for effective safety management decision-making. *Safety Science*, 127, 1–17.
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)* (pp. 2147–2152). Zhangjiajie, China.



## **APÊNDICES**

## Apêndice A – Cluster 1 – Legislação e Políticas Públicas

**Quadro A1.** Matriz *Cluster 1* com Valores Neutrosóficos Resultantes da 2ª Sessão

	SC6	SC16	SC18	SC22	SC27	SC33	SC36
SC6	--	4 (0.95, 0.05, 0.05)	3 (0.8, 0.3, 0.2)	3.5 (0.8, 0.2, 0.1)	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	4 (1, 0, 0)	3 (0.9, 0.15, 0.1)
SC16	4 (0.95, 0.05, 0.05)	--	1 (0.9, 0.1, 0.1)	0.5 (0.9, 0.1, 0.1)	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	3.5 (0.9, 0.15, 0.1)	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)
SC18	1 (0.9, 0.1, 0.1)	1.5 (0.55, 0.8, 0.55)	--	3 (0.8, 0.3, 0.15)	1 (0.9, 0.1, 0.1)	2 (0.85, 0.2, 0.2)	2 (0.9, 0.1, 0.1)
SC22	1 (0.9, 0.1, 0.1)	1.5 (0.55, 0.8, 0.55)	4 (0.95, 0.1, 0.1)	--	1 (0.9, 0.1, 0.1)	2 (0.7, 0.4, 0.4)	4 (1, 0, 0)
SC27	1.5 (0.8, 0.15, 0.2)	2 (0.6, 0.7, 0.4)	3 (0.85, 0.2, 0.15)	2.5 (0.7, 0.4, 0.2)	--	2.5 (0.8, 0.2, 0.2)	2.5 (0.9, 0.2, 0.2)
SC33	4 (0.75, 0.3, 0.2)	3 (0.9, 0.1, 0.1)	3.5 (0.9, 0.15, 0.1)	3.5 (0.85, 0.1, 0.2)	4 (0.95, 0.1, 0.1)	--	4 (0.95, 0.1, 0.1)
SC36	3 (0.8, 0.4, 0.25)	2 (0.55, 0.8, 0.5)	4 (0.95, 0.1, 0.1)	4 (0.95, 0.1, 0.1)	3 (0.9, 0.1, 0.1)	3 (0.8, 0.2, 0.2)	--

**Quadro A2.** 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 Neutrosófico w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ 1 – Cluster “Legislação e Políticas Públicas”	SC6-SC16	4.0	0.95	0.05	0.05	0.9500	0.0276	3.80
	SC6-SC18	3.0	0.80	0.30	0.20	0.7620	0.0221	2.29
	SC6-SC22	3.5	0.80	0.20	0.10	0.8268	0.0240	2.89
	SC6-SC27	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	3.15
	SC6-SC33	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0291	4.00
	SC6-SC36	3.0	0.90	0.15	0.10	0.8810	0.0256	2.64
	SC16-SC6	4.0	0.95	0.05	0.05	0.9500	0.0276	3.80
	SC16-SC18	1.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	0.90
	SC16-SC22	0.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	0.45
	SC16-SC27	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	3.15
	SC16-SC33	3.5	0.90	0.15	0.10	0.8810	0.0256	3.08
	SC16-SC36	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	3.15
	SC18-SC6	1.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	0.90
	SC18-SC16	1.5	0.55	0.80	0.55	0.3822	0.0111	0.57
	SC18-SC22	3.0	0.80	0.30	0.15	0.7745	0.0225	2.32
	SC18-SC27	1.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	0.90
	SC18-SC33	2.0	0.85	0.20	0.20	0.8152	0.0237	1.63

	SC18-SC36	2.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	1.80
	SC22-SC6	1.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	0.90
	SC22-SC16	1.5	0.55	0.80	0.55	0.3822	0.0111	0.57
	SC22-SC18	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0265	3.65
	SC22-SC27	1.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	0.90
	SC22-SC33	2.0	0.70	0.40	0.40	0.6303	0.0183	1.26
	SC22-SC36	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0291	4.00
	SC27-SC6	1.5	0.80	0.15	0.20	0.8152	0.0237	1.22
	SC27-SC16	2.0	0.60	0.70	0.40	0.4804	0.0140	0.96
	SC27-SC18	3.0	0.85	0.20	0.15	0.8317	0.0242	2.50
	SC27-SC22	2.5	0.70	0.40	0.20	0.6891	0.0200	1.72
	SC27-SC33	2.5	0.80	0.20	0.20	0.8000	0.0232	2.00
	SC27-SC36	2.5	0.90	0.20	0.20	0.8268	0.0240	2.07
	SC33-SC6	4.0	0.75	0.30	0.20	0.7467	0.0217	2.99
	SC33-SC16	3.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	2.70
	SC33-SC18	3.5	0.90	0.15	0.10	0.8810	0.0256	3.08
	SC33-SC22	3.5	0.85	0.10	0.20	0.8445	0.0245	2.96
	SC33-SC27	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0265	3.65
	SC33-SC36	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0265	3.65
	SC36-SC6	3.0	0.80	0.40	0.25	0.7042	0.0205	2.11
	SC36-SC16	2.0	0.55	0.80	0.50	0.3965	0.0115	0.79
	SC36-SC18	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0265	3.65
	SC36-SC22	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0265	3.65
	SC36-SC27	3.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0261	2.70
	SC36-SC33	3.0	0.80	0.20	0.20	0.8000	0.0232	2.40
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	34.4182	1	

**Quadro A3.** Matriz Inicial de Influência Direta – *Cluster 1*

	SC6	SC16	SC18	SC22	SC27	SC33	SC36	SUM
SC6	0.0	3.8	2.3	2.9	3.2	4.0	2.6	18.8
SC16	3.8	0.0	0.9	0.5	3.2	3.1	3.2	14.5
SC18	0.9	0.6	0.0	2.3	0.9	1.6	1.8	8.1
SC22	0.9	0.6	3.7	0.0	0.9	1.3	4.0	11.3
SC27	1.2	1.0	2.5	1.7	0.0	2.0	2.1	10.5
SC33	3.0	2.7	3.1	3.0	3.7	0.0	3.7	19.0
SC36	2.1	0.8	3.7	3.7	2.7	2.4	0.0	15.3
SUM	11.9	9.4	16.1	14.0	14.5	14.4	17.3	

#### Quadro A4. Cálculos Intermédios

Max	17.3	19.0
1/Max	0.0578	0.0525
1/s	0.0525	

#### Quadro A5. Matriz de Influência Direta Normalizada, X – Cluster 1

	SC6	SC16	SC18	SC22	SC27	SC33	SC36
SC6	0.0000	0.1997	0.1201	0.1520	0.1655	0.2102	0.1389
SC16	0.1997	0.0000	0.0473	0.0236	0.1655	0.1620	0.1655
SC18	0.0473	0.0301	0.0000	0.1221	0.0473	0.0857	0.0946
SC22	0.0473	0.0301	0.1920	0.0000	0.0473	0.0662	0.2102
SC27	0.0642	0.0505	0.1311	0.0905	0.0000	0.1051	0.1086
SC33	0.1569	0.1419	0.1620	0.1553	0.1920	0.0000	0.1920
SC36	0.1110	0.0417	0.1920	0.1920	0.1419	0.1261	0.0000

#### Quadro A6. Matriz T com os Respetivos Cálculos Intermédios – Cluster 1

I

	SC6	SC16	SC18	SC22	SC27	SC33	SC36
SC6	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC16	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC18	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC22	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
SC27	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
SC33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
SC36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

I-X

	SC6	SC16	SC18	SC22	SC27	SC33	SC36
SC6	1.0000	-0.1997	-0.1201	-0.1520	-0.1655	-0.2102	-0.1389
SC16	-0.1997	1.0000	-0.0473	-0.0236	-0.1655	-0.1620	-0.1655
SC18	-0.0473	-0.0301	1.0000	-0.1221	-0.0473	-0.0857	-0.0946
SC22	-0.0473	-0.0301	-0.1920	1.0000	-0.0473	-0.0662	-0.2102
SC27	-0.0642	-0.0505	-0.1311	-0.0905	1.0000	-0.1051	-0.1086
SC33	-0.1569	-0.1419	-0.1620	-0.1553	-0.1920	1.0000	-0.1920
SC36	-0.1110	-0.0417	-0.1920	-0.1920	-0.1419	-0.1261	1.0000

(I-X) ^-1

	SC6	SC16	SC18	SC22	SC27	SC33	SC36
SC6	1.3220	0.4264	0.5510	0.5245	0.5297	0.5578	0.5811
SC16	0.4433	1.2242	0.4192	0.3634	0.4767	0.4673	0.5216
SC18	0.1833	0.1393	1.2084	0.2922	0.2128	0.2434	0.2940
SC22	0.2212	0.1653	0.4360	1.2417	0.2588	0.2757	0.4413
SC27	0.2339	0.1861	0.3720	0.3098	1.2101	0.3034	0.3532
SC33	0.4430	0.3686	0.5807	0.5252	0.5361	1.3705	0.6091
SC36	0.3319	0.2297	0.5203	0.4780	0.4084	0.3969	1.3543

Matriz T

	SC6	SC16	SC18	SC22	SC27	SC33	SC36	R
SC6	0.3220	0.4264	0.5510	0.5245	0.5297	0.5578	0.5811	3.4924
SC16	0.4433	0.2242	0.4192	0.3634	0.4767	0.4673	0.5216	2.9155
SC18	0.1833	0.1393	0.2084	0.2922	0.2128	0.2434	0.2940	1.5733
SC22	0.2212	0.1653	0.4360	0.2417	0.2588	0.2757	0.4413	2.0400
SC27	0.2339	0.1861	0.3720	0.3098	0.2101	0.3034	0.3532	1.9685
SC33	0.4430	0.3686	0.5807	0.5252	0.5361	0.3705	0.6091	3.4332
SC36	0.3319	0.2297	0.5203	0.4780	0.4084	0.3969	0.3543	2.7194
C	2.1786	1.7395	3.0875	2.7347	2.6326	2.6149	3.1546	



## Apêndice B – Cluster 2 – Tecnologia

**Quadro B1.** Matriz *Cluster 2* com Valores Neutrosóficos Resultantes da 2ª Sessão

	SC12	SC14	SC48	SC56	SC59	SC71	SC76
SC12	--	1 (0.9, 0.1, 0.1)	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	4 (0.9, 0.1, 0.1)	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	4 (0.9, 0.1, 0.2)	2 (0.8, 0.2, 0.2)
SC14	4 (1, 0, 0)	--	1 (0.7, 0.4, 0.3)	3 (0.9, 0.1, 0.1)	4 (1, 0, 0)	3.5 (0.8, 0.3, 0.2)	1.5 (0.85, 0.15, 0.1)
SC48	4 (0.95, 0.1, 0.1)	3.5 (0.75, 0.1, 0.1)	--	4 (0.95, 0.1, 0.1)	2 (0.8, 0.6, 0.4)	2 (0.9, 0.1, 0.1)	1.5 (0.85, 0.15, 0.1)
SC56	3 (0.95, 0.1, 0.1)	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	4 (0.95, 0.1, 0.1)	--	1 (0.9, 0.1, 0.1)	1 (0.9, 0.3, 0.2)	2.5 (0.85, 0.2, 0.2)
SC59	1 (0.8, 0.2, 0.2)	4 (1, 0, 0)	1 (0.7, 0.4, 0.3)	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	--	3 (0.9, 0.2, 0.1)	1.5 (0.85, 0.15, 0.1)
SC71	3.5 (0.85, 0.15, 0.15)	2 (0.85, 0.2, 0.1)	1 (0.8, 0.3, 0.2)	0.5 (0.9, 0.1, 0.1)	0.5 (0.85, 0.15, 0.15)	--	1 (0.95, 0.05, 0.05)
SC76	3 (0.8, 0.3, 0.2)	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	4 (0.95, 0.1, 0.1)	4 (1, 0, 0)	3.5 (0.95, 0.1, 0.1)	2.5 (0.7, 0.5, 0.3)	--

**Quadro B2.** 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 Neutrosófico w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ 1 – Cluster “Legislação e Políticas Públicas”	SC12-SC14	1.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	0.90
	SC12-SC48	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	3.15
	SC12-SC56	4.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	3.60
	SC12-SC59	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	3.15
	SC12-SC71	4.0	0.90	0.10	0.20	0.8586	0.0238	3.43
	SC12-SC76	2.0	0.80	0.20	0.20	0.8000	0.0222	1.60
	SC14-SC12	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0278	4.00
	SC14-SC48	1.0	0.70	0.40	0.30	0.6633	0.0184	0.66
	SC14-SC56	3.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	2.70
	SC14-SC59	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0278	4.00
	SC14-SC71	3.5	0.80	0.30	0.20	0.7620	0.0212	2.67
	SC14-SC76	1.5	0.85	0.15	0.10	0.8646	0.0240	1.30
	SC48-SC12	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0254	3.65
	SC48-SC14	3.5	0.75	0.10	0.10	0.8342	0.0232	2.92
	SC48-SC56	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0254	3.65
	SC48-SC59	2.0	0.80	0.60	0.40	0.5680	0.0158	1.14
	SC48-SC71	2.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	1.80
	SC48-SC76	1.5	0.85	0.15	0.10	0.8646	0.0240	1.30
	SC56-SC12	3.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0254	2.74

	SC56-SC14	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	3.15
	SC56-SC48	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0254	3.65
	SC56-SC59	1.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	0.90
	SC56-SC71	1.0	0.90	0.30	0.20	0.7840	0.0218	0.78
	SC56-SC76	2.5	0.85	0.20	0.20	0.8152	0.0226	2.04
	SC59-SC12	1.0	0.80	0.20	0.20	0.8000	0.0222	0.80
	SC59-SC14	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0278	4.00
	SC59-SC48	1.0	0.70	0.40	0.30	0.6633	0.0184	0.66
	SC59-SC56	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	3.15
	SC59-SC71	3.0	0.90	0.20	0.10	0.8586	0.0238	2.58
	SC59-SC76	1.5	0.85	0.15	0.10	0.8646	0.0240	1.30
	SC71-SC12	3.5	0.85	0.15	0.15	0.8500	0.0236	2.98
	SC71-SC14	2.0	0.85	0.20	0.10	0.8445	0.0234	1.69
	SC71-SC48	1.0	0.80	0.30	0.20	0.7620	0.0212	0.76
	SC71-SC56	0.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	0.45
	SC71-SC59	0.5	0.85	0.15	0.15	0.8500	0.0236	0.43
	SC71-SC76	1.0	0.95	0.05	0.05	0.9500	0.0264	0.95
	SC76-SC12	3.0	0.80	0.30	0.20	0.7620	0.0212	2.29
	SC76-SC14	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0250	3.15
	SC76-SC48	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0254	3.65
	SC76-SC56	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0278	4.00
	SC76-SC59	3.5	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0254	3.20
	SC76-SC71	2.5	0.70	0.50	0.30	0.6214	0.0173	1.55
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.					Denominador da Fórmula de Crispificação	36.0211	1	

**Quadro B3.** Matriz Inicial de Influência Direta – *Cluster 2*

	SC12	SC14	SC48	SC56	SC59	SC71	SC76	SUM
SC12	0.0	0.9	3.2	3.6	3.2	3.4	1.6	15.8
SC14	4.0	0.0	0.7	2.7	4.0	2.7	1.3	15.3
SC48	3.7	2.9	0.0	3.7	1.1	1.8	1.3	14.5
SC56	2.7	3.2	3.7	0.0	0.9	0.8	2.0	13.3
SC59	0.8	4.0	0.7	3.2	0.0	2.6	1.3	12.5
SC71	3.0	1.7	0.8	0.5	0.4	0.0	1.0	7.3
SC76	2.3	3.2	3.7	4.0	3.2	1.6	0.0	17.8
SUM	16.5	15.8	12.5	17.6	12.8	12.8	8.5	

**Quadro B4. Cálculos Intermédios**

Max	17.6	17.8
1/Max	0.0570	0.0561
1/s	0.0561	

**Quadro B5. Matriz de Influência Direta Normalizada, X – Cluster 2**

	SC12	SC14	SC48	SC56	SC59	SC71	SC76
SC12	0.0000	0.0504	0.1766	0.2018	0.1766	0.1925	0.0897
SC14	0.2242	0.0000	0.0372	0.1513	0.2242	0.1495	0.0727
SC48	0.2048	0.1637	0.0000	0.2048	0.0637	0.1009	0.0727
SC56	0.1536	0.1766	0.2048	0.0000	0.0504	0.0439	0.1142
SC59	0.0448	0.2242	0.0372	0.1766	0.0000	0.1444	0.0727
SC71	0.1668	0.0947	0.0427	0.0252	0.0238	0.0000	0.0533
SC76	0.1281	0.1766	0.2048	0.2242	0.1792	0.0871	0.0000

**Quadro B6. Matriz T com os Respetivos Cálculos Intermédios – Cluster 2**

I

	SC12	SC14	SC48	SC56	SC59	SC71	SC76
SC12	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC14	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC48	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC56	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
SC59	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
SC71	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
SC76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

I-X

	SC12	SC14	SC48	SC56	SC59	SC71	SC76
SC12	1.0000	-0.0504	-0.1766	-0.2018	-0.1766	-0.1925	-0.0897
SC14	-0.2242	1.0000	-0.0372	-0.1513	-0.2242	-0.1495	-0.0727
SC48	-0.2048	-0.1637	1.0000	-0.2048	-0.0637	-0.1009	-0.0727
SC56	-0.1536	-0.1766	-0.2048	1.0000	-0.0504	-0.0439	-0.1142
SC59	-0.0448	-0.2242	-0.0372	-0.1766	1.0000	-0.1444	-0.0727
SC71	-0.1668	-0.0947	-0.0427	-0.0252	-0.0238	1.0000	-0.0533
SC76	-0.1281	-0.1766	-0.2048	-0.2242	-0.1792	-0.0871	1.0000

(I-X) ^-1

	SC12	SC14	SC48	SC56	SC59	SC71	SC76
SC12	1.4898	0.5142	0.5359	0.6741	0.5232	0.5538	0.3545
SC14	0.6614	1.4485	0.4113	0.6264	0.5720	0.5247	0.3356
SC48	0.6560	0.5786	1.3789	0.6666	0.4382	0.4736	0.3343
SC56	0.5996	0.5753	0.5369	1.4820	0.4175	0.4120	0.3562
SC59	0.4538	0.5668	0.3429	0.5569	1.3198	0.4470	0.2902
SC71	0.4019	0.3128	0.2423	0.2930	0.2345	1.2120	0.1914
SC76	0.6928	0.6979	0.6266	0.7911	0.6083	0.5386	1.3217

Matriz T

	SC12	SC14	SC48	SC56	SC59	SC71	SC76	R
SC12	0.4898	0.5142	0.5359	0.6741	0.5232	0.5538	0.3545	3.6455
SC14	0.6614	0.4485	0.4113	0.6264	0.5720	0.5247	0.3356	3.5798
SC48	0.6560	0.5786	0.3789	0.6666	0.4382	0.4736	0.3343	3.5261
SC56	0.5996	0.5753	0.5369	0.4820	0.4175	0.4120	0.3562	3.3795
SC59	0.4538	0.5668	0.3429	0.5569	0.3198	0.4470	0.2902	2.9774
SC71	0.4019	0.3128	0.2423	0.2930	0.2345	0.2120	0.1914	1.8879
SC76	0.6928	0.6979	0.6266	0.7911	0.6083	0.5386	0.3217	4.2770
C	3.9553	3.6941	3.0747	4.0901	3.1134	3.1616	2.1840	

### Apêndice C – Cluster 3 – Performance

**Quadro C1.** Matriz *Cluster 3* com Valores Neutrosóficos Resultantes da 2ª Sessão

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	--	1 (0.9, 0.2, 0.1)	3.5 (0.9, 0.2, 0.1)	1.5 (0.7, 0.6, 0.4)	1 (0.7, 0.5, 0.4)
SC81	1.5 (0.8, 0.4, 0.2)	--	3 (0.85, 0.2, 0.1)	3 (0.9, 0.2, 0.2)	1.5 (0.8, 0.2, 0.2)
SC84	1 (0.7, 0.5, 0.3)	3 (0.85, 0.15, 0.1)	--	2.5 (0.9, 0.2, 0.1)	3 (0.7, 0.7, 0.2)
SC86	1.5 (0.85, 0.2, 0.2)	2 (0.8, 0.2, 0.1)	1 (0.9, 0.1, 0.1)	--	1.5 (0.85, 0.3, 0.1)
SC89	0 (1, 0, 0)	0 (1, 0, 0)	1.5 (0.75, 0.4, 0.2)	0.5 (0.9, 0.1, 0.1)	--

**Quadro C2.** 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 Neutrosófico w Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ 3 – Cluster “Performance”	SC8-SC81	1.0	0.90	0.20	0.10	0.8586	0.0541	0.86
	SC8-SC84	3.5	0.90	0.20	0.10	0.8586	0.0541	3.01
	SC8-SC86	1.5	0.70	0.60	0.40	0.5491	0.0346	0.82
	SC8-SC89	1.0	0.70	0.50	0.40	0.5918	0.0373	0.59
	SC81-SC8	1.5	0.80	0.40	0.20	0.7172	0.0452	1.08
	SC81-SC84	3.0	0.85	0.20	0.10	0.8445	0.0532	2.53
	SC81-SC86	3.0	0.90	0.20	0.20	0.8268	0.0521	2.48
	SC81-SC89	1.5	0.80	0.20	0.20	0.8000	0.0504	1.20
	SC84-SC8	1.0	0.70	0.50	0.30	0.6214	0.0391	0.62
	SC84-SC81	3.0	0.85	0.15	0.10	0.8646	0.0544	2.59
	SC84-SC86	2.5	0.90	0.20	0.10	0.8586	0.0541	2.15
	SC84-SC89	3.0	0.70	0.70	0.20	0.5454	0.0343	1.64
	SC86-SC8	1.5	0.85	0.20	0.20	0.8152	0.0513	1.22
	SC86-SC81	2.0	0.80	0.20	0.10	0.8268	0.0521	1.65
	SC86-SC84	1.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0567	0.90
	SC86-SC89	1.5	0.85	0.30	0.10	0.7979	0.0502	1.20
	SC89-SC8	0.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0630	0.00
	SC89-SC81	0.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0630	0.00
	SC89-SC84	1.5	0.75	0.40	0.20	0.7042	0.0443	1.06
	SC89-SC86	0.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0567	0.45

Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.	Denominador da Fórmula de Crispificação	15.8805	1
---	---	---------	---

**Quadro C3.** Matriz Inicial de Influência Direta – *Cluster 3*

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89	SUM
SC8	0.0	0.9	3.0	0.8	0.6	5.3
SC81	1.1	0.0	2.5	2.5	1.2	7.3
SC84	0.6	2.6	0.0	2.1	1.6	7.0
SC86	1.2	1.7	0.9	0.0	1.2	5.0
SC89	0.0	0.0	1.1	0.5	0.0	1.5
SUM	2.9	5.1	7.5	5.9	4.6	

**Quadro C4.** Cálculos Intermédios

Max	7.5	7.3
1/Max	0.1334	0.1372
1/s	0.1334	

**Quadro C5.** Matriz de Influência Direta Normalizada, X – *Cluster 3*

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	0.0000	0.1146	0.4009	0.1099	0.0790
SC81	0.1435	0.0000	0.3380	0.3309	0.1601
SC84	0.0829	0.3461	0.0000	0.2864	0.2183
SC86	0.1631	0.2206	0.1201	0.0000	0.1597
SC89	0.0000	0.0000	0.1409	0.0600	0.0000

**Quadro C6.** Matriz T com os Respectivos Cálculos Intermédios – *Cluster 3*

I

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC81	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
SC84	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
SC86	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
SC89	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

I-X

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	1.0000	-0.1146	-0.4009	-0.1099	-0.0790
SC81	-0.1435	1.0000	-0.3380	-0.3309	-0.1601
SC84	-0.0829	-0.3461	1.0000	-0.2864	-0.2183
SC86	-0.1631	-0.2206	-0.1201	1.0000	-0.1597
SC89	0.0000	0.0000	-0.1409	-0.0600	1.0000

(I-X) ^-1

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	1.2427	0.5549	0.8205	0.5828	0.4592
SC81	0.4326	1.5417	0.8821	0.8469	0.6088
SC84	0.3703	0.7664	1.5901	0.7872	0.6248
SC86	0.3544	0.5452	0.5606	1.4077	0.4624
SC89	0.0735	0.1407	0.2578	0.1955	1.1158

Matriz T

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89	<b>R</b>
SC8	0.2427	0.5549	0.8205	0.5828	0.4592	2.6601
SC81	0.4326	0.5417	0.8821	0.8469	0.6088	3.3120
SC84	0.3703	0.7664	0.5901	0.7872	0.6248	3.1388
SC86	0.3544	0.5452	0.5606	0.4077	0.4624	2.3302
SC89	0.0735	0.1407	0.2578	0.1955	0.1158	0.7832
<b>C</b>	1.4734	2.5489	3.1111	2.8200	2.2710	

## Apêndice D – Cluster 4 – Pessoas

**Quadro D1.** Matriz *Cluster 4* com Valores Neutrosóficos Resultantes da 2ª Sessão

	SC32	SC39	SC42	SC108	SC108
SC32	--	4 (1, 0, 0)	4 (1, 0, 0)	3.5 (0.95, 0.2, 0.1)	3.5 (0.95, 0.1, 0.1)
SC39	3 (0.9, 0.1, 0.1)	--	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	3.5 (0.95, 0.2, 0.1)	3 (0.9, 0.2, 0.1)
SC42	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)	4 (1, 0, 0)	--	3 (0.9, 0.2, 0.1)	3 (0.9, 0.1, 0.1)
SC108	4 (1, 0, 0)	3 (0.9, 0.1, 0.1)	3.5 (0.95, 0.1, 0.1)	--	3.5 (0.9, 0.1, 0.1)
SC109	4 (0.95, 0.1, 0.1)	4 (0.9, 0.1, 0.1)	4 (1, 0, 0)	3 (0.9, 0.2, 0.1)	--

**Quadro D2.** Crispificação de Valores Neutrosóficos – *Cluster 4*

	Relação em Análise	Escala DEM ATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
			T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso Neutrosófico $w$ Crispificado	Valor Final na Matriz
MATRIZ 4 – Cluster “Pessoas”	SC32-SC39	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0545	4.00
	SC32-SC42	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0545	4.00
	SC32-SC108	3.5	0.95	0.20	0.10	0.8677	0.0473	3.04
	SC32-SC109	3.5	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0498	3.20
	SC39-SC32	3.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0490	2.70
	SC39-SC42	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0490	3.15
	SC39-SC108	3.5	0.95	0.20	0.10	0.8677	0.0473	3.04
	SC39-SC109	3.0	0.90	0.20	0.10	0.8586	0.0468	2.58
	SC42-SC32	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0490	3.15
	SC42-SC39	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0545	4.00
	SC42-SC108	3.0	0.90	0.20	0.10	0.8586	0.0468	2.58
	SC42-SC109	3.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0490	2.70
	SC108-SC32	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0545	4.00
	SC108-SC39	3.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0490	2.70
	SC108-SC42	3.5	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0498	3.20
	SC108-SC109	3.5	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0490	3.15
	SC109-SC32	4.0	0.95	0.10	0.10	0.9134	0.0498	3.65
	SC109-SC39	4.0	0.90	0.10	0.10	0.9000	0.0490	3.60
	SC109-SC42	4.0	1.00	0.00	0.00	1.0000	0.0545	4.00
	SC109-SC108	3.0	0.90	0.20	0.10	0.8586	0.0468	2.58



Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.	Denominador da Fórmula de Crispificação	18.3514	1
---	---	---------	---

**Quadro D3.** Matriz Inicial de Influência Direta – *Cluster 4*

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89	SUM
SC8	0.0	4.0	4.0	3.0	3.2	14.2
SC81	2.7	0.0	3.2	3.0	2.6	11.5
SC84	3.2	4.0	0.0	2.6	2.7	12.4
SC86	4.0	2.7	3.2	0.0	3.2	13.0
SC89	3.7	3.6	4.0	2.6	0.0	13.8
SUM	13.5	14.3	14.3	11.2	11.6	

**Quadro D4.** Cálculos Intermédios

Max	14.3	14.2
1/Max	0.0697	0.0703
1/s	0.0697	

**Quadro D5.** Matriz de Influência Direta Normalizada, X – *Cluster 4*

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	0.0000	0.2788	0.2788	0.2117	0.2228
SC81	0.1882	0.0000	0.2196	0.2117	0.1795
SC84	0.2196	0.2788	0.0000	0.1795	0.1882
SC86	0.2788	0.1882	0.2228	0.0000	0.2196
SC89	0.2547	0.2509	0.2788	0.1795	0.0000

**Quadro D6.** Matriz T com os Respectivos Cálculos Intermédios – *Cluster 4*

I

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC81	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
SC84	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
SC86	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
SC89	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

# I-X

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	1.0000	-0.2788	-0.2788	-0.2117	-0.2228
SC81	-0.1882	1.0000	-0.2196	-0.2117	-0.1795
SC84	-0.2196	-0.2788	1.0000	-0.1795	-0.1882
SC86	-0.2788	-0.1882	-0.2228	1.0000	-0.2196
SC89	-0.2547	-0.2509	-0.2788	-0.1795	1.0000

# (I-X)-1

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89
SC8	2.8869	2.2317	2.2180	1.8156	1.8600
SC81	1.7444	2.6884	1.8580	1.5523	1.5619
SC84	1.8653	2.0177	2.7862	1.6198	1.6579
SC86	1.9993	2.0552	2.0673	2.5458	1.7625
SC89	2.0519	2.1744	2.1790	1.7606	2.6442

# Matriz T

	SC8	SC81	SC84	SC86	SC89	<b>R</b>
SC8	1.8869	2.2317	2.2180	1.8156	1.8600	10.0122
SC81	1.7444	1.6884	1.8580	1.5523	1.5619	8.4051
SC84	1.8653	2.0177	1.7862	1.6198	1.6579	8.9470
SC86	1.9993	2.0552	2.0673	1.5458	1.7625	9.4302
SC89	2.0519	2.1744	2.1790	1.7606	1.6442	9.8102
<b>C</b>	9.5478	10.1675	10.1086	8.2942	8.4865	