

# iscte

INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA

---

## **Como Podem as Cidades Alavancar os Benefícios da Digitalização? Uma Abordagem Participatória**

Diogo Miguel Martins Claro

Mestrado em Gestão

Orientador:

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

Maio 2021

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

**Como Podem as Cidades Alavancar os Benefícios da Digitalização? Uma  
Abordagem Participatória**

Diogo Miguel Martins Claro

Mestrado em Gestão

Orientador:

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

Maio 2021



## AGRADECIMENTOS

A vida é feita de pequenos objetivos. A concretização da presente dissertação passou de um grande objetivo, longe de alcançar, para a representação de um dos marcos mais importantes da minha vida. Tal feito só foi possível através do apoio de várias pessoas às quais venho demonstrar o meu mais profundo agradecimento.

À minha família. A minha base. Pai e mãe, irmão e irmã. Agradeço os valores, o exemplo, a paciência, o carinho, o conforto e a proteção. Nada supera o orgulho que tenho do berço onde nasci. A vocês, minha família, o meu agradecimento mais especial.

À Bárbara, meu amor. O meu pilar. A peça que desbloqueia o *puzzle* da vida. Sem ti nada disto seria possível.

A todos aqueles com quem tenho tido a oportunidade de partilhar esta jornada que é a vida. Obrigado a todos os que deixaram a sua marca naquilo que é a minha formação enquanto pessoa.

Ao meu Professor. Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira. Obrigado pela oportunidade. Exigência, trabalho, dedicação e compromisso são parte dos valores que mais enalteço.

Aos restantes docentes que participaram nesta minha viagem académica. Obrigado por cada aprendizagem, pelo esforço e dedicação diários.

Por fim, quero agradecer ao ilustre painel de especialistas: António Cunha Pereira, Eduardo Silva, Gonçalo Martins dos Santos, Jorge Cristino, Raul do Vale Martins, Rita Melo, Rodrigo Espírito Santo e Sara Freitas. Obrigado pelo altruísmo e disponibilidade. Sem esquecer o Dr. João Sáàgua. A vossa experiência e conhecimento foram essenciais para materializar e consolidar a vertente empírica da presente dissertação.

Da mesma forma que enfrentei este ultimo desafio académico, é com o mesmo sentido de responsabilidade e compromisso que parto agora para os desafios profissionais que se avizinham, onde levo comigo uma vontade perpétua de aprender e traçar pequenos objetivos para ser melhor a cada dia, todos os dias.

A todos vocês,  
O meu maior obrigado!



# COMO PODEM AS CIDADES ALAVANCAR OS BENEFÍCIOS DA DIGITALIZAÇÃO? UMA ABORDAGEM PARTICIPATÓRIA

## RESUMO

**A** transformação digital é uma realidade em contínuo crescimento e disrupção nas mais diversas áreas e que está cada vez mais presente no quotidiano dos cidadãos. Nas cidades, esta propensão tem crescido em conformidade com a constante mudança nas tendências demográficas da população. O seu crescimento substancial, a urbanização em massa, a sobrecarga no consumo de infraestruturas e energias, os impactos ambientais e o investimento tecnológico acarretam grandes desafios para o desenvolvimento das cidades. Assim, a preocupação em melhorar o bem-estar e a qualidade de vida dos cidadãos torna essencial o estudo da digitalização nas cidades, de forma a potenciar os benefícios da transformação digital. Nesse sentido, a presente dissertação recorre a técnicas cujo objetivo incide na estruturação de problema complexos de decisão (*i.e.*, *Problem Structuring Methods* (PSMs)). A metodologia utilizada na presente dissertação baseia-se na corrente epistemológica da abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), por via da combinação do mapeamento cognitivo com a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), de forma a estruturar um modelo informado e transparente no âmbito da digitalização nos meios urbanos. Este modelo pretende reunir determinantes da digitalização no contexto urbano, sedimentando uma base sólida de diferenciação no facto de recolher os dados obtidos junto de profissionais com experiência relevante na área da temática. Os resultados foram validados tanto pelo painel de especialistas como por um representante do Ministério da Economia e Transição Digital, que certificou a sua aplicabilidade prática e a sua importância para o desenvolvimento das cidades. Ao longo do estudo, são também objeto de discussão as limitações e as mais-valias trazidas pelos métodos utilizados. Importa ainda salientar que a análise assume uma lógica construtivista, dado que, em todo o seu processo, conjuga elementos tanto de natureza objetiva como de natureza subjetiva.

**Palavras-Chave:** Cidades; DEMATEL; Digitalização Urbana; Mapeamento Cognitivo; *Problem Structuring Methods*; *Smart Cities*.



# HOW CAN CITIES LEVERAGE THE BENEFITS OF DIGITALIZATION? A PARTICIPATORY APPROACH

## ABSTRACT

**D**igital transformation is a reality in continuous growth and disruption in the most diverse areas and is increasingly present in our daily lives. In cities, digital propensity has grown in line with the population's demographic trends. Substantial growth, mass urbanization, infrastructure and energy consumption overload, environmental impact and technological investment are major challenges for city planning and development. Thus, concern to improve citizens' well-being and quality of life makes digital transformation essential to cities. To analyze the benefits of digitalization in urban environments, this study uses Problem Structuring Methods (PSMs) and adopts the epistemological principles of the Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) approach. Specifically, it combines cognitive mapping and the DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) technique to structure an informed and transparent model for analysis of digitization determinants in urban contexts. The results were validated both by the expert panel and by a representative of the Portuguese Ministry of Economy and Digital Transition, who certified the model's importance and practical applicability for city planning and development. The advantages and shortcomings of the framework developed in this study are also discussed. It is worth noting that the methodological procedures adopted assume a constructivist stance and consider both objective and subjective decision-making elements.

**Keywords:** Cities; Cognitive Mapping; Problem Structuring Methods; DEMATEL; Smart Cities; Urban Digitalization.



## SUMÁRIO EXECUTIVO

O principal objetivo da presente dissertação de mestrado passa pela criação de um modelo multicritério, de modo a identificar os determinantes da digitalização nos meios urbanos, por via de metodologias de estruturação de problemas de decisão, como o mapeamento cognitivo e a abordagem *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2020), 55% da população mundial reside nos grandes centros urbanos e a expectativa é que esta percentagem aumente para 70% até 2050. Nesse sentido, as áreas urbanas enfrentam grandes desafios ao nível da sustentabilidade, do crescimento, do urbanismo e do planeamento. A longo prazo, a constante mudança nas tendências demográficas da população, o seu crescimento substancial, a urbanização em massa e a sobrecarga no consumo de infraestruturas e de energias representam um preço demasiado elevado para as gerações futuras e para o bem-estar da sociedade. Esta é uma realidade que deve preocupar a gestão das cidades e que torna essencial o desenvolvimento de soluções sustentáveis e estratégicas que sejam capaz de ajudar a sua recuperação e manutenção. Isto significa que a gestão da complexidade da vida cidadina necessita de novos métodos e formas inovadoras para lidar com a crescente urbanização. A tecnologia tem surgido como uma solução muito importante na sociedade, uma vez que possibilita o desenvolvimento de estratégias urbanas que têm como objetivo a recuperação da qualidade de vida da população cidadina com o auxílio a tecnologias de ponta e de inovação. Nas cidades, a existência de novas tecnologias é crucial. A nível económico, estas cidades promovem o crescimento económico, desenvolvendo soluções inteligentes que tornam os negócios mais prósperos e eficientes. Numa perspetiva social, estas cidades também desempenham um papel importante, uma vez que o seu principal objetivo é melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. No entanto, é necessário que os cidadãos estejam dispostos a aceitar essas inovações, a fim de simplificar o uso de vários serviços, uma vez que as “cidades inteligentes” trazem muitas vantagens. Desta forma, a presente dissertação pretende estudar os benefícios que a digitalização tem para as cidades, através de um modelo realista, transparente e eficaz. De forma geral, são várias as limitações reconhecidas nos estudos existentes, sendo que é possível agrupá-las em duas grandes categorias: (1) forma pouco clara como são identificadas e incorporadas as variáveis/critérios nos modelos desenvolvidos; e (2) escassez de análises que incidam sobre as relações de causalidade entre as variáveis. Com o objetivo de colmatar estas lacunas, a presente dissertação recorre à abordagem *Multiple Criteria Decision*

*Analysis* (MCDA), que traduz o comportamento dos atores de um determinado processo de decisão, facultando argumentos através dos quais validam os seus próprios valores por meio de um processo interativo de suporte à tomada de decisão. Permite ainda a combinação de elementos subjetivos e objetivos na resolução de problemas complexos. Do ponto de vista operacional, numa primeira fase – *fase de estruturação* –, recorrer-se-á a técnicas de mapeamento cognitivo para a estruturação do problema em estudo. Posteriormente, numa segunda fase – *fase de avaliação* –, será aplicada a técnica DEMATEL, que permite a análise dos resultados, bem como a identificação das relações de interdependência entre os diferentes critérios. Para a aplicação das técnicas, foi necessária a realização de duas sessões por vídeo-conferência através da plataforma *Zoom*, dadas as circunstâncias vividas em tempos de pandemia. O painel foi composto por oito especialistas (*i.e.*, membros do Ministério do Ambiente e Ação Climática, CEOs, gestores de projetos, engenheiros e chefes de departamento). A primeira sessão começou com a seguinte questão de partida colocada aos decisores: “*Com base nos seus valores e experiência profissional, que fatores/iniciativas/ações podem ajudar as cidades a alavancar os benefícios da digitalização?*”. Colocada a questão, foi aplicada a “*técnica dos post-its*”, cujo objetivo se focou na identificação de um número considerável de critérios relevantes a serem incluídos na análise. Ao longo deste processo, foi evidente o constante diálogo mantido entre os decisores. Após este período de identificação dos critérios, seguiu-se a fase do seu agrupamento em grandes grupos ou *clusters*. Assim, foram criados seis *clusters*: (1) *Governance*; (2) *Tecnologia*; (3) *Sociedade*; (4) *Ambiente, Energia e Clima*; (5) *Economia e Finanças*; e (6) *Transportes e Mobilidade*. No final desta primeira sessão, foi pedido aos membros do painel que hierarquizassem os *post-its* por grau de importância. Terminada a primeira sessão, seguiu-se a construção de um mapa cognitivo com os critérios obtidos, recorrendo-se, para tal, ao *software Decision Explorer*. Na segunda sessão, o mapa foi apresentado aos decisores, tendo estes a possibilidade de fazer alterações nos critérios e/ou respetivas ligações. Posto isto, passou-se para a aplicação da técnica DEMATEL, onde se desenvolveram sete matrizes, para assim se perceber as relações de causalidade entre os critérios. Numa escala de 0 a 4, avaliou-se a influência que um determinado critério tinha sobre os outros. Numa fase final, foi realizada uma sessão de consolidação dos resultados com um membro do Ministério da Economia e Transição Digital. A realização da sessão de consolidação dos resultados foi crucial para o estudo, na medida em que não só lhe oferece maior credibilidade, como permitiu, também, receber a opinião de um profissional na área representante de uma entidade com projeção a nível nacional.

# ÍNDICE GERAL

Principais Abreviaturas Utilizadas .....	xiii
<b>Capítulo 1 – Introdução Geral .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento Inicial da Temática .....	1
1.2. Hierarquia de Objetivos de Investigação .....	2
1.3. Metodologia e Orientação Epistemológica .....	2
1.4. Estrutura .....	3
1.5. Principais Resultados Esperados .....	4
<b>Capítulo 2 – Revisão da Literatura .....</b>	<b>7</b>
2.1. Digitalização, Urbanismo e Cidade: Conceitos de Base .....	7
2.2. Riscos e Benefícios da Digitalização nos Meios Urbanos .....	13
2.3. Estudos Relacionados: Contributos e Limitações .....	16
2.4. Limitações Gerais e Gap na Literatura .....	21
<i>Sinopse do Capítulo 2</i> .....	23
<b>Capítulo 3 – Enquadramento Metodológico .....</b>	<b>25</b>
3.1. <i>Problem Structuring Methods</i> .....	25
3.1.1. Abordagem Participatórias e Mapeamento Cognitivo .....	26
3.1.2. Técnicas de Desenvolvimento de Mapas Cognitivos .....	33
3.1.3. Contributos para a Análise dos Benefícios da Digitalização Urbana .	35
3.2. O Método DEMATEL .....	37
3.2.1. Exposição Inicial .....	37
3.2.2. Vantagens e Limitações .....	40
3.2.3. Contributos para a Análise dos Benefícios da Digitalização Urbana .	41
<i>Sinopse do Capítulo 3</i> .....	44

Capítulo 4 – Estruturação e Análise dos Benefícios da Digitalização Urbana .....	45
4.1. Estrutura Cognitiva de Base .....	45
4.2. Análise dos Benefícios da Digitalização Urbana .....	49
4.3. Reflexões e Formulação de Recomendações para as Cidades .....	66
<i>Sinopse do Capítulo 4</i> .....	68
Capítulo 5 – Conclusão Geral .....	69
5.1. Principais Resultados e Limitações .....	69
5.2. Reflexões e Contributos Teórico-Práticos .....	72
5.3. Futura Investigação .....	73
Bibliografia .....	74
Apêndices .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

### FIGURAS

Figura 3.1: Exemplo de Mapa Cognitivo .....	29
Figura 3.2: Estrutura Hierárquica de um Mapa Cognitivo .....	32
Figura 3.3: Exemplo de um Mapa Cognitivo .....	34
Figura 3.4: Quadrantes do Diagrama de Causa-Efeito (IRM) .....	40
Figura 4.1: Aplicação da “Técnica dos <i>Post-its</i> ” .....	47
Figura 4.2: Mapa Cognitivo de Grupo .....	48
Figura 4.3: Preenchimento das Matrizes de Influência .....	50
Figura 4.4: Interações entre <i>Clusters</i> .....	54
Figura 4.5: <i>Impact-Relation Map – Cluster Governance</i> .....	56
Figura 4.6: <i>Impact-Relation Map – Cluster Tecnologia</i> .....	58
Figura 4.7: <i>Impact-Relation Map – Cluster Sociedade</i> .....	60
Figura 4.8: <i>Impact-Relation Map – Cluster Ambiente, Energia e Clima</i> .....	62
Figura 4.9: <i>Impact-Relation Map – Cluster Economia e Finanças</i> .....	63
Figura 4.10: <i>Impact-Relation Map – Cluster Transportes e Mobilidade</i> .....	65
Figura 4.11: Sessão de Consolidação dos Resultados .....	66

### TABELAS

Tabela 2.1: Modelos de Análise da Digitalização nos Meios Urbanos, Contributos e Limitações .....	19
Tabela 3.1: Níveis de Envolvimento dos Atores nas Abordagens Participatória .....	28
Tabela 3.2: Características e Objetivos dos Diferentes Tipos de Mapas Cognitivos ...	31
Tabela 4.1: Identificação dos <i>Clusters</i> Escolhidos .....	50
Tabela 4.2: <i>Initial Direct Relation Matrix – Clusters</i> .....	51
Tabela 4.3: Cálculo do Somatório das Linhas e Colunas da <i>Average Matrix</i> .....	51
Tabela 4.4: <i>Normalized Direct-Relation Matrix Clusters</i> .....	51
Tabela 4.5: Matriz Identidade .....	52
Tabela 4.6: Matriz <i>I-X</i> .....	52

Tabela 4.7: Matriz Inversa $I-X^{-1}$ .....	52
Tabela 4.8: Matriz de Relação Total (Matriz T) .....	53
Tabela 4.9: Interações entre <i>Clusters</i> .....	53
Tabela 4.10: Identificação dos Critérios Escolhidos – <i>Cluster Governance</i> .....	55
Tabela 4.11: <i>Initial Direct Relation Matrix</i> – <i>Cluster Governance</i> .....	55
Tabela 4.12: Interações entre Critérios – <i>Cluster Governance</i> .....	56
Tabela 4.13: Identificação dos Critérios Escolhidos – <i>Cluster Tecnologia</i> .....	57
Tabela 4.14: <i>Initial Direct Relation Matrix</i> – <i>Cluster Tecnologia</i> .....	57
Tabela 4.15: Interações entre Critérios – <i>Cluster Tecnologia</i> .....	58
Tabela 4.16: Identificação dos Critérios Escolhidos – <i>Cluster Sociedade</i> .....	59
Tabela 4.17: <i>Initial Direct Relation Matrix</i> – <i>Cluster Sociedade</i> .....	59
Tabela 4.18: Interações entre Critérios – <i>Cluster Sociedade</i> .....	59
Tabela 4.19: Identificação dos Critérios Escolhidos – <i>Cluster Ambiente, Energia e Clima</i> .....	60
Tabela 4.20: <i>Initial Direct Relation Matrix</i> – <i>Cluster Ambiente, Energia e Clima</i> ....	61
Tabela 4.21: Interações entre Critérios – <i>Cluster Ambiente, Energia e Clima</i> .....	61
Tabela 4.22: Identificação dos Critérios Escolhidos – <i>Cluster Economia e Finanças</i>	62
Tabela 4.23: <i>Initial Direct Relation Matrix</i> – <i>Cluster Economia e Finanças</i> .....	62
Tabela 4.24: Interações entre Critérios – <i>Cluster Economia e Finanças</i> .....	63
Tabela 4.25: Identificação dos Critérios Escolhidos – <i>Cluster Transportes e Mobilidade</i> .....	64
Tabela 4.26: <i>Initial Direct Relation Matrix</i> – <i>Cluster Transportes e Mobilidade</i> .....	64
Tabela 4.27: Interações entre Critérios – <i>Cluster Transportes e Mobilidade</i> .....	65

## PRINCIPAIS ABREVIATURAS UTILIZADAS

AHP	– <i>Analytic Hierarchy Process</i>
DEMATEL	– <i>DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory</i>
EUA	– Estados Unidos da América
IO	– Investigação Operacional
IoT	– <i>Internet-of-Things</i>
IRM	– <i>Impact-Relation Map</i>
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
ONU	– Organização das Nações Unidas
PCA	– <i>Principal Component Analysis</i>
PSM	– <i>Problem Structuring Method</i>
SC	– Subcritério
TIC	– Tecnologias de Informação e Comunicação



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO GERAL

**E**ste primeiro capítulo pretende fazer a introdução da presente dissertação. Para tal, divide-se em cinco tópicos principais, nomeadamente: (1) breve enquadramento sobre a temática em estudo; (2) identificação dos objetivos principais e de suporte; (3) metodologia e base epistemológica adotada neste estudo; (4) estrutura da presente dissertação; e, por fim, (5) apresentação dos principais resultados esperados.

### 1.1 Enquadramento Inicial da Temática

Desde o início do século XXI, o crescimento substancial da população mundial tem conduzido a um aumento da urbanização em economias mais desenvolvidas. Faria, Ferreira, Jalali, Bento e António (2018) referem mesmo que, nos próximos 30 anos, mais de metade das pessoas optarão por viver em grandes centros urbanos devido ao aumento exponencial da população mundial.

Este aumento desproporcional da população, a urbanização, a dependência de veículos motorizados como meio de locomoção, o tráfego rodoviário, a industrialização desregulada, os altos níveis de consumo e de produção de resíduos, as desigualdades sociais e a aglomeração populacional em grandes centros urbanos fazem com que seja necessária a existência de concentrações densas de infraestruturas, estendendo-se no subsolo profundo e acima do nível da rua (Sims, 2010), formando as cidades com o objetivo de mover “*bens, pessoas e informação de forma rápida, segura e fiável*” (Little, 2010, p. 27). Nesse sentido, o conceito de cidades “inteligentes” surgiu como uma forma de lidar com estas questões, em que estas cidades são definidas como um ecossistema que procura melhorar a qualidade de vida dos cidadãos através de uma combinação de tecnologia, sustentabilidade e infraestruturas físicas (Estrada, Maciel, Ochoa, Bernabe-Loranca, Oliva, & Larios, 2018).

Para que as cidades possam alavancar os benefícios da digitalização, a presente dissertação conta com uma metodologia que envolve não só a aplicação de técnicas de estruturação, como também a implementação de uma abordagem multicritério, para que seja possível analisar devidamente as relações causais entre os vários fatores identificados no estudo. Como tal, o que

se pretende com este estudo é contribuir para a identificação e análise dos determinantes que potenciem os benefícios da digitalização nas cidades, com base numa abordagem participatória.

## **1.2. Hierarquia de Objetivos de Investigação**

Face ao exposto no ponto anterior, existe, por um lado, uma crescente necessidade de explorar a transformação digital aplicada às cidades, de forma a combater as externalidades negativas que advêm do aumento desproporcional da população em grandes centros urbanos e do aumento desmedido do consumo de resíduos e, por outro lado, alavancar os benefícios que a digitalização pode ter quando bem aplicada. Desta forma, a presente dissertação recorre a métodos capazes de colmatar várias lacunas identificadas por outros autores, de modo a obter não só maior consolidação nos resultados obtidos, como também mais ferramentas de suporte aos processos de tomada de decisão. Posto isto, este estudo tem como objetivo principal *identificar os determinantes que ajudem as cidades a alavancar os benefícios da digitalização, baseando-se numa abordagem participatória que combina técnicas de mapeamento cognitivo com o método DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)*.

Para alcançar os resultados desejados, importa ter em consideração alguns objetivos secundários, tais como: (1) redação de uma revisão de literatura da temática em estudo; (2) realização de duas sessões com especialistas na área, com o intuito de dar espaço a uma discussão aberta para obter *inputs* à construção de um mapa cognitivo – *i.e.*, estruturação do problema; (3) aplicação da metodologia, identificando os devidos critérios e analisando as suas relações causais; (4) consolidação dos resultados obtidos; e, por fim, (5) publicação dos resultados.

Em suma, pretendemos criar um modelo de avaliação capaz de analisar as relações causais entre o vasto leque de critérios considerados, possibilitando, assim, a compreensão holística da temática e a identificação de diferentes estratégias de intervenção no contexto da digitalização nos meios urbanos.

## **1.3. Metodologia e Orientação Epistemológica**

Como referido no ponto anterior, a presente dissertação pretende desenvolver um modelo multicritério que sirva de apoio à tomada de decisão relativamente aos determinantes da

digitalização nos meios urbanos, tendo por base uma metodologia assente em princípios construtivistas. Para tal, o primeiro passo consiste em realizar uma revisão de literatura, onde sejam analisadas várias questões relativas a esta temática, nomeadamente alguns conceitos de base como *digitalização*, *urbanismo* e *cidade*. Será também feita uma análise de outros estudos em torno da digitalização nos meios urbanos, de forma a perceber os métodos utilizados, os seus contributos e as suas limitações. De seguida, procede-se à introdução das técnicas de estruturação, tendo estas sido cruciais para a compreensão da problemática em estudo. Deste modo, será aplicada a lógica dos *Problem Structuring Methods* (PSMs), algo que requer a realização de duas sessões de trabalho com um painel de especialistas, com vista a estabelecer uma discussão com diferentes pontos de vista do problema e, assim, desenvolver um mapa cognitivo de grupo. Numa fase posterior, será feita a validação do mapa cognitivo e serão destacados os critérios mais relevantes a integrar a análise, assim como as suas relações de influência, com base nas experiências e nas convicções de cada especialista. Com a abordagem DEMATEL, será possível analisar as diferentes variáveis em estudo, bem como ilustrar as suas relações de causa-efeito através de um *Impact-Relation Map* (IRM) (*i.e.*, mapa de impacto). Com base nos dados obtidos, serão estudados os diferentes graus de influência que se estabelecem entre os critérios definidos anteriormente. Dado que a presente dissertação assume uma postura construtivista, importa salientar que todos os dados recolhidos e, por conseguinte, o modelo alcançado, dependem do contexto em que estão inseridos. Por último, serão efetuadas as devidas conclusões da análise, por via da conjugação dos métodos utilizados.

#### **1.4. Estrutura**

Esta dissertação é composta pela presente introdução (*i.e.*, *Capítulo 1*), pela revisão de literatura (*i.e.*, *Capítulo 2*), pelo enquadramento da metodologia a ser aplicada (*i.e.*, *Capítulo 3*), pela análise dos resultados do estudo (*i.e.*, *Capítulo 4*), pelas conclusões (*i.e.*, *Capítulo 5*) e pelas referências bibliográficas.

Especificamente, o *Capítulo 1* consiste na presente introdução, na qual é enquadrado o tema em estudo, definidos os objetivos principais e de suporte, apresentada a metodologia e a base epistemológica e os resultados esperados desta investigação. O *Capítulo 2* apresenta a revisão de literatura sobre digitalização nos meios urbanos e a definição de conceitos como digitalização, urbanismo e cidade. Neste capítulo, são apresentados também alguns dos estudos já realizados nesta área, contendo as metodologias utilizadas pelos autores, as contribuições dos

seus estudos e as suas limitações. Desta forma, será possível identificar limitações gerais e apresentar uma metodologia que as ajude a colmatar. O *Capítulo 3* enquadra a metodologia utilizada, analisando a abordagem MCDA como forma de identificar os seus elementos caraterísticos, os seus paradigmas e convicções fundamentais e os possíveis contributos para a análise da digitalização nos meios urbanos. Este capítulo apresenta também as metodologias aplicadas para a criação do modelo (*i.e.*, mapeamento cognitivo e técnica DEMATEL). O *Capítulo 4* materializa a componente empírica da presente dissertação, identificando os resultados obtidos e a sua análise. Assim, este capítulo compila as fases de estruturação e de avaliação do problema em estudo, aplicando as técnicas de mapeamento cognitivo e a técnica DEMATEL, através das sessões presenciais de grupo com um painel de especialistas. É ainda realizada uma sessão de validação com um elemento neutro e externo ao processo. O *Capítulo 5* apresenta as principais conclusões do estudo, incluindo uma análise dos resultados e das principais limitações do sistema implementado. Serão, igualmente, identificadas as principais reflexões e as implicações práticas do modelo desenvolvido para a análise da digitalização nas cidades e, por fim, sugeridas linhas para uma futura investigação.

## **1.5. Principais Resultados Esperados**

De um modo geral, a presente dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de um modelo de análise multicritério que auxilie a análise dos determinantes da digitalização nos meios urbanos e que, simultaneamente, se identifiquem claramente quais os fatores que devem ser tidos em consideração quando se pretende utilizar a transformação digital de forma a potenciar os seus benefícios para as cidades.

Dada a visão construtivista do estudo, diversas técnicas e métodos foram conjugados com a abordagem multicritério, para que fosse possível aplicar uma metodologia capaz de colmatar algumas das lacunas observadas por outros autores, sem perder o sentido realista. Para além disso, tanto as técnicas de mapeamento cognitivo utilizadas como a aplicação DEMATEL espelham a partilha de experiências e de pontos de vista dos especialistas presentes no painel, algo que se revelou como uma mais-valia no decorrer da análise. Assim sendo, os resultados esperados consistem, essencialmente, no alcance de um modelo que venha a ser uma proposta de valor na área da temática em estudo e que englobe questões cruciais como, por exemplo, as externalidades negativas que o aumento desproporcional da população e a alteração das tendências demográficas da sociedade acarreta nas cidades. Numa fase seguinte, e tendo em

conta a complexidade do problema, é desejada a consolidação do presente estudo, por parte de uma entidade com competência e reputação na área, de modo a analisar a temática numa vertente mais organizacional. Com o término da análise, espera-se que os resultados deste estudo sejam publicados numa revista internacional da especialidade.



O valor acrescentado da transformação digital tem sido notório, em particular nas cidades, espelhando-se na visão de sucessivos governos que têm colocado a digitalização no topo das suas agendas. Ao longo deste capítulo, serão apresentados alguns conceitos de maior relevância quanto à digitalização dos centros urbanos, as razões que sustentam a necessidade da digitalização e a importância que a adoção da inovação de uma rede digital tem assumido ao longo do tempo na evolução das cidades. Neste sentido, serão ainda expostas algumas das metodologias utilizadas para análise do fenómeno da digitalização nos meios urbanos, assim como as respetivas vantagens e limitações, no sentido de justificar a proposta metodológica a apresentar no presente estudo.

#### 2.1. Digitalização, Urbanismo e Cidade: Conceitos de Base

Nos últimos anos, a transformação digital tem surgido como um importante tema de investigação de fenómenos relacionados com empresas (Piccinini, Gregory, & Kolbe, 2015). Esta afirmação é reforçada por Ismail, Khater e Zaki (2017), que sustentam que a transformação digital é a integração de tecnologias digitais e de novos modelos de negócio em todas as áreas, resultando em grandes alterações na forma como as indústrias funcionam e na forma como proporcionam valor aos clientes. Para além disso, a digitalização incorpora as mudanças que ocorrem no mundo e nas indústrias através da utilização de tecnologias digitais (Majchrzak, Markus, & Wareham, 2016). Para produzir a capacidade de gerar novos caminhos para a criação de valor na era digital, é necessário ter cultura, processos, estrutura e estratégias diferentes (Matt, Hess, & Benlian, 2015).

Embora a digitalização tenha várias definições, o seu tema central gira em torno “*da forma como muitos domínios da vida social são reestruturados em torno da comunicação digital e das infraestruturas dos media*” (Brennen & Kreiss, 2016, p. 1), algo que poderia facilitar um melhor planeamento urbano e *design* de edifícios, tornando-os mais inteligentes e melhorando a conectividade para maximizar a eficiência e garantir que os recursos são eficientemente utilizados (Fertner, Christensen, Andersen, Olafsson, Caspersen, & Grunfelder, 2019). A

digitalização é também um dos trampolins para a economia global, sendo a informação gerada por dispositivos conectados uma fonte de inovação prudente e capaz de promover o uso eficiente de matérias-primas (Lee *et al.*, 2015). A transformação digital é hoje uma realidade não só para as organizações, mas para toda a sociedade, tornando-se assim um tema de investigação multidisciplinar da comunidade científica dada a sua natureza transversal, nomeadamente em termos de recursos humanos, marketing, processos empresariais e inovação.

Tendo em conta este quadro, Vial (2019) refere a existência de definições para o conceito alargado de transformação digital na literatura. Lucas, Agarwal, Clemons, El Sawy e Weber (2013, p. 378), por exemplo, definem a transformação digital como “*transformação precipitada por uma tecnologia de informação transformadora*”. Por outro lado, a transformação digital é a aplicação de tecnologias digitais *para impactar fundamentalmente todos os aspetos do negócio e da sociedade*”. Para Gruman (2016), tais impactos são refletidos na complexa rede de veículos ligados à Internet, edifícios inteligentes, computadores, *smartphones*, sensores e outros equipamentos que interagem entre si e constituem um sistema de simulação informática maciço que envolve muitos aspetos da vida humana (Batty *et al.*, 2012).

Considerando os impactos que a digitalização tem na sociedade, Kates, Travis e Wilbanks (2012) referem três classes de adaptações transformacionais que a transformação digital tem o potencial de acelerar, nomeadamente: (1) adaptação a uma escala ou intensidade muito maior; (2) utilização de técnicas de adaptação inovadoras que são novas para uma determinada região ou sistema de recursos; e (3) iniciativas que transformam locais e localizações de mudança. Com efeito, desde o início do século XXI, o crescimento substancial da população mundial tem conduzido a um aumento da urbanização em economias mais desenvolvidas e, de acordo com Albino, Berardi e Dangelico (2015) e Hajduk (2016), cerca de 70% da população mundial residirá, provavelmente, em grandes centros urbanos até 2050. Faria *et al.* (2018) referem mesmo que, nos próximos 30 anos, mais de metade das pessoas optarão por viver em grandes centros urbanos devido ao aumento exponencial da população mundial. Esta aglomeração populacional em grandes centros urbanos faz com que seja necessária a existência de concentrações densas de infraestruturas, estendendo-se no subsolo profundo e acima do nível da rua (Sims, 2010), formando as cidades com o objetivo de mover “*bens, pessoas e informação de forma rápida, segura e fiável*” (Little, 2010, p. 27).

Existem muitos estudos realizados em diferentes áreas para compreender e analisar os sistemas complexos que formam uma cidade e que interagem entre si (*e.g.*, Batty, 2008; Bettencourt, Lobo, Helbing, Kuhnert, & West, 2007; Tong, Hu, & Frazier, 2019).

Com efeito, as cidades são planeadas e/ou desenvolvidas organicamente, muitas vezes ao longo de uma linha temporal de centenas de anos (Moreno & Clos, 2016). Importa ter presente, contudo, que o crescimento económico, o crescimento populacional, a rápida urbanização e as grandes mudanças na forma espacial das cidades nos últimos anos têm criado desafios significativos para a sustentabilidade urbana (Kates & Parris, 2003; Seto, Güneralp, & Hutyrá, 2012; Wu, 2014). De facto, as cidades possuem características físicas peculiares que definem o seu carácter e diferenciam-se de outras povoações urbanas. Estas características físicas únicas e diferenciadoras são descritas como essenciais para fornecer “conexão geradora de identidade” ou identificação com a cidade (Belanche, Casaló, & Flavián, 2017; Lalli, 1988).

Uma maior densidade populacional nas cidades pode criar condições demográficas, sociais, económicas e ambientais menos favoráveis para os cidadãos (Albino *et al.*, 2015; Hajduk, 2016). Isto cria uma série de problemas, como: pessoas congestionadas; tráfego rodoviário; e aumento da poluição, que produz alterações climáticas. Nesse sentido, o conceito de cidades “inteligentes” surgiu como uma forma de lidar com estas questões, em que estas cidades são definidas como um ecossistema que procura melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, através de uma combinação de tecnologia, sustentabilidade e infraestruturas físicas (Estrada *et al.*, 2018). O conceito em redor das cidades inteligentes foi objeto de análise e de tentativa de definição por uma panóplia de autores. Bakici, Almirall e Wareham (2012, p. 139), por exemplo, definem uma *“smart city as a high-tech intensive and advanced city that connects people, information and city elements using new technologies in order to create a sustainable, greener city, competitive and innovative commerce, and a recuperating life quality”*. Por sua vez, Popescu (2015) considera as cidades inteligentes como ecossistemas sinérgicos que procuram melhorar a sua qualidade de vida e economia e em que a tecnologia desempenha um papel predominante. Esta definição é reforçada por Cauchon (2017), que afirma que este tipo de cidade usa tecnologias para automatizar funções municipais de forma a tornar as sociedades envolvidas mais habitáveis, economicamente estáveis e ambientalmente sustentáveis. A investigação refere-se comumente às cidades inteligentes como cidades que se envolvem a nível político, institucional e organizacional para alavancar a política, apoiar tecnologias emergentes e envolver os cidadãos a fim de resolver problemas ao nível do governo local (Chourabi, Nam, Walker, Gil-Garcia, Mellouli, Nahon, & Scholl, 2012; Edge, Boluk, Groulx, & Quick, 2020; Hollands, 2008; Meijer, Gil-Garcia, & Bolívar, 2016; Nam & Pardo, 2011a; Soyata, Habibzadeh, Ekenna, Nussbaum, & Lozano, 2019).

O conceito de cidade inteligente tornou-se atual nas discussões académicas e políticas nos últimos tempos. No entanto, a expressão “cidade inteligente” não é nova. Segundo Harrison e

Donnelly (2011), a *smart city* como campo de investigação, desenvolveu-se rapidamente desde o final da década de 1990. O conceito teve origem nos EUA, no final dos anos 1990, como parte do “*movimento de crescimento inteligente*” (Bollier, 1998). Harrison e Donnelly (2011, p. 2) referem que esta ideia não é nova e tem sido utilizada pelas empresas tecnológicas globais, nomeadamente desde 2005, para “*the application of complex information systems to integrate the operation of urban infrastructure and services such as buildings, transportation, electrical and water distribution, and public safety*”. A este respeito, LaMonica (2008) dá o exemplo de uma solução *smarter city* como aquela que aborda o problema das fontes de energia inseguras e insustentáveis. Ao permitir que os consumidores e os fornecedores de energia partilhem em tempo real informações dinâmicas sobre preços e consumos, a produção de energia será mais eficiente.

A componente das pessoas é fundamental para o sucesso do desenvolvimento de uma *smart city*. Todavia, é uma componente negligenciada muitas vezes, em detrimento da tecnologia e do desenvolvimento estratégico. Parece essencial, deste modo, compreender as necessidades do indivíduo dentro de uma cidade, mas também as necessidades das comunidades, grupos e bairros (Chourabi *et al.*, 2012). Com efeito, é necessário um forte foco na educação, que fomentará o conhecimento e exigirá inovação para desenvolver e operar dentro de uma *smart city*. Estes indivíduos formarão comunidades inteligentes, que implementam Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) num consenso e numa abordagem acordada para ajudar a satisfazer os requisitos da comunidade, uma vez que uma cidade só é “inteligente” quando os investimentos no capital humano e social e nas infraestruturas de comunicação tradicionais (*i.e.*, transportes) e modernas (*i.e.*, TIC) alimentam o desenvolvimento económico sustentável e uma elevada qualidade de vida, com uma gestão sábia dos recursos naturais, através da governação participativa (Giffinger & Gudrun, 2010).

Embora não haja uma solução *standard*, existem componentes recorrentes na literatura que apoiam o desenvolvimento estratégico, implementação e apoio de uma cidade inteligente, utilizando a tecnologia da informação como peça-chave (Caragliu, Del Bo, & Nijkamp, 2011; Chourabi *et al.*, 2012; Dameri, 2013). Segundo Al-Hader, Rodzi, Sharif e Ahmad (2009), os componentes mais recorrentes na literatura podem ser classificados como: (1) tecnologia (*e.g.*, *software*, *hardware* e plataformas); (2) pessoas (*e.g.*, educação, inovação e criatividade); e (3) institutos (*e.g.*, governo, política e organizações). Desta forma, para Ben Letaifa (2015), uma cidade pode ser considerada inteligente quando pode integrar e sincronizar uma liderança formal e uma participação democrática endógena no ecossistema urbano baseado nas tecnologias de informação.

Lee, Han, Leem e Yigitcanlar (2008) definem uma cidade inteligente em termos da convergência dos serviços de tecnologias de informação dentro de um espaço urbano, de modo a que os cidadãos da cidade possam aceder a serviços inteligentes independentemente do tempo ou lugar. Isto aumentará a competitividade da cidade e a qualidade de vida dos seus cidadãos. Para tornar uma cidade verdadeiramente inteligente, os dados em tempo real precisam de ser acessíveis em muitas situações. Este serviço pode ser prestado pela tecnologia, nomeadamente *Internet-of-Things* (IoT), computação em nuvem e *big data* (Edwards, 2016). Nesse sentido, de acordo com Sofronijević, Milićević e Ilić (2014, p. 12), a IoT “*is a new vision of [an] overarching communication paradigm involving purposeful communication and bidirectional transfer of data through [...] Internet connectivity among different objects or things in our environment*”.

A aplicação da IoT foi proposta como solução para fornecer uma plataforma holística para integrar os serviços das cidades sob uma plataforma tecnológica (Zanella, Bui, Castellani, Vangelista, & Zorzi, 2014). A nível prático, IoT está relacionada com a existência de sensores incorporados no ambiente, através dos quais a informação é trocada e transformada tanto vertical como horizontalmente nas plataformas específicas, a fim de desenvolver uma visão digital comum do ambiente (Sofronijević *et al.*, 2014). De acordo com Mallapuram, Ngwum, Yuan, Lu e Yu (2017) e Roman (2018), as cidades inteligentes podem ter múltiplas dimensões, nomeadamente: (1) economia inteligente; (2) governação inteligente; (3) mobilidade inteligente; (4) ambientes inteligentes; (5) pessoas inteligentes; e (6) estilos de vida inteligentes. Para além disso, a literatura sobre as cidades inteligentes caracteriza a sua agenda como: (1) melhorar a tomada de decisões económicas e administrativas através da inovação tecnológica; (2) melhorar a inclusão social no desenvolvimento e adaptação das tecnologias emergentes; (3) aumentar o perfil das indústrias de alta tecnologia na contribuição para o crescimento económico; e (4) integrar eficazmente a tecnologia em sistemas físicos e sociais mais amplos (Allwinkle & Cruickshank, 2011; Caragliu *et al.*, 2011).

Foram também feitos esforços por Nam e Pardo (2011b) para desenvolver um conjunto de três elementos fundamentais para uma cidade inteligente, nomeadamente: (1) integração de sistemas e infraestruturas; (2) transformação e melhoria do serviço; e (3) uma visão para um futuro melhor (*i.e.*, vida inteligente, pessoas inteligentes, ambiente inteligente, economia inteligente, etc.). Além disso, embora a adoção de tecnologias *up-to-date* não garanta o sucesso de iniciativas de cidades inteligentes, a tecnologia é obviamente uma condição necessária para uma cidade inteligente (Nam & Pardo, 2011b). De forma complementar, Fernandez-Anez,

Fernández-Güell e Giffinger (2018) distinguem ainda cinco tipos de serviços *smart city*: (1) economia; (2) ambiente; (3) vida e serviços; (4) mobilidade e infraestruturas; e (5) pessoas.

Como já mencionado, uma cidade só é “inteligente” quando os investimentos no capital humano e social e nas infraestruturas de comunicação tradicionais (*i.e.*, transportes) e modernas (*i.e.*, TIC) alimentam o desenvolvimento económico sustentável e uma elevada qualidade de vida, com uma gestão sábia dos recursos naturais, através da governação participativa (Giffinger & Gudrun, 2010). É precisamente nesse sentido que Carmona, Heath, Tiesdell e Oc (2010) expõem o papel significativo do urbanismo, englobando quatro temas a considerar: (1) ser para e sobre as pessoas; (2) valor e importância do “local”; (3) operar no mundo “real”, limitado por forças económicas (*i.e.*, mercado), políticas reguladoras e com o seu campo de oportunidades limitado; e (4) importância do *design* como processo. Trata-se, na sua essência, de construir um cenário para a evolução urbana, imaginar as condições de transformação e propor um processo capaz de incorporar novas experiências na relação cidadão e a sua envolvente. A utilização da inovação tecnológica tem, assim, um efeito sobre o modo através do qual os movimentos sociais e as diversas formas de cidadania ativa operam a partir de baixo como agentes de inovação, inclusão e desenvolvimento social (Di Bella, 2012).

A maturidade teórica do urbanismo foi atingida no século XX, a partir de uma combinação de diferentes disciplinas que se fundiram para repensar a cidade. Foi uma época em que os especialistas da área começaram a estudar mais sobre os problemas das cidades adotando novos métodos de investigação e análise, enfatizando mais na fase científica do que na arte (Krieger, 2009). A abordagem “inteligente” do urbanismo e do desenvolvimento da cidade é debatida num vasto corpo de literatura e tem surgido nos domínios da engenharia, inovação e ciências sociais (de Jong, Joss, Schraven, Zhan, & Weijnen, 2015).

A transformação urbana em que os cidadãos são os principais “impulsionadores da mudança”, através da sua capacitação e motivação, garante que os grandes desafios da cidade podem ser abordados, incluindo transformações comportamentais sustentáveis (Thiel & Fröhlich, 2017). Combinar tecnologias inovadoras para alcançar a participação dos cidadãos na tomada de decisões sobre a construção da cidade é uma condição essencial para a regeneração ecológica urbana. O ato de “urbanizar” (*i.e.*, um projeto através de transformação digital), requer uma visão para que partes do processo precisem de ser transformadas. Face à enorme quantidade de dados urbanos necessários para desenvolver uma proposta, o campo do urbanismo ainda está por incorporar muitas fontes de informação no seu fluxo de trabalho. Seja na forma como os alunos são formados e os profissionais trabalham e colaboram, seja na forma como os processos são executados ou, ainda, na forma como se relaciona com os utilizadores,

a tecnologia digital proporciona oportunidades assinaláveis. Independentemente da enorme quantidade de dados urbanos para incorporar, as tecnologias de representação trazem ideias para a realidade, permitindo a comunicação entre *designers*, clientes, empreiteiros e colaboradores (Horne & Thompson, 2008). Prova disso mesmo é o facto de as cidades serem significativamente influenciadas por países, governos, recursos naturais, conhecimento de tecnologias de informação e habilidades humanas (Peng & Fu, 2014), necessitando de fazer uma reformulação profunda das estruturas urbanas, estratégias, ecossistemas e tecnologias.

As pessoas procuram um lugar para viver em comunidade e cidades que ofereçam indicadores de qualidade de vida e componentes de sustentabilidade. A necessidade de encontrar condições sustentáveis e habitáveis nos bairros e/ou cidades está ligada aos desafios que as cidades enfrentam diariamente. Estes incluem, em primeiro lugar, a complexidade dos mercados de habitação da cidade e, em segundo lugar, as preferências pessoais, uma vez que “*each person has [...] different [ideas about] pleasurable and socio-economic properties*” (Uysal & Tosun, 2014, p. 323). Desta forma, segundo a ONU (2020), existem três tipos de cidades (nenhuma das quais possui limites matematicamente determinados), nomeadamente: (1) *cidades próprias*, cuja população vive dentro dos limites administrativos de uma cidade ou é controlada diretamente por uma única autoridade; (2) *zonas urbanas*, que correspondem a massas de terreno continuamente influenciadas pelo desenvolvimento urbano e que se encontram dentro de um mercado de trabalho; e (3) *áreas metropolitanas*, que são baseadas no conceito de área do mercado de trabalho e consistem num núcleo de emprego caracterizado por uma elevada densidade de postos de trabalho disponíveis, bem como nas suas áreas vizinhas ligadas ao núcleo através de fortes laços de deslocação. No ponto seguinte, serão discutidos alguns riscos e benefícios da digitalização.

## **2.2. Riscos e Benefícios da Digitalização nos Meios Urbanos**

Segundo Angelidou (2015), podemos dizer que a abordagem *smartness* tem três domínios-chave de aplicação. Em primeiro lugar, a ideia é aplicada em relação a uma economia de inovação, incluindo *clusters* de negócios interligados que envolvem diferentes sectores, incubadoras e ambientes de investigação. Em segundo lugar, é utilizada em relação a infraestruturas e serviços urbanos, como transportes, sistemas digitais e monitorização. Em terceiro lugar, refere-se à governação urbana. Ou seja, colaboração intersectorial, tomada de decisão integrada e participação dos cidadãos.

Ao integrar novas tecnologias na gestão e na operação das cidades, considera-se que as cidades inteligentes podem revitalizar questões de sustentabilidade, equidade e crescimento económico nas paisagens urbanas. Bibri e Krogstie (2017) e Kramers, Höjer, Lövehagen e Wangel (2014) afirmam, inclusive, que a complexidade do desafio de sustentabilidade pode encontrar o seu par na complexidade das TIC. Dessa forma, segundo Collotta e Pau (2017), a cidade inteligente tem uma enorme gama de aplicações nas sociedades modernas, tais como: (1) *smart building* para gerir o sistema de temperatura e iluminação; (2) *smart energy* para otimizar o consumo de energia utilizando tecnologias digitais; (3) *smart healthcare* para promover diagnósticos (cf. Amin, Hossain, Muhammad, Alhussein, & Rahman, 2019; Pramanik, Pareek, & Nayyar, 2019); (4) *smart technology* para permitir o processamento de bordas e conectividade inteligente da rede (cf. Al Ridhawi, Otoum, Aloqaily, Jararweh, & Baker, 2020); (5) *smart education* para facilitar o sistema educativo utilizando tecnologias modernas; (6) governação inteligente para fornecer serviços digitais e políticas do governo (cf. Alotaibi, 2018); e (7) segurança inteligente para reduzir riscos de segurança e proteger propriedades, pessoas e informações (cf. Mohammad, 2019).

Um objetivo evidente do modelo *smart city* é reduzir custos para melhorar a eficiência e a qualidade de vida dos cidadãos, fornecendo assim aos planeadores urbanos ferramentas para explorar várias fontes de informação sobre o comportamento humano (Naphade, Banavar, Harrison, Paraszczak, & Morris, 2011). Por exemplo, os *big data* poderiam contribuir para o planeamento urbano e para a governação, através da criação daquilo a que Batty *et al.* (2012, p. 491) referem como “planeamento conjunto”, que “*enables system-wide effects to be tracked, understood and built into the very responses and designs that characterize the operations and functions of the city*” e que, desenvolvendo tecnologias de informação, possam garantir equidade, justiça e realizar uma melhor qualidade de vida da cidade. Isto pode, hipoteticamente, garantir uma participação informada e criar conhecimentos partilhados para formas mais democráticas de governação da cidade. Tal como referem Zanella *et al.* (2014), a IoT urbana pode fornecer uma panóplia de serviços públicos aos seus cidadãos. Informando e monitorizando funções rotineiras de indivíduos, edifícios, sistemas de tráfego, etc., o funcionamento das cidades pode ser potencialmente melhorado.

Yin, Xiong, Chen, Wang, Cooper e David (2015) referem que a introdução de soluções inteligentes permite que as empresas se tornem mais prósperas, melhorem a sua eficácia e qualidade de gestão e aumentem o uso de plataformas logísticas e cadeias de abastecimento mais eficientes. As cidades inteligentes também permitem que a publicidade seja mais ampla e mais precisa, permitindo assim que as redes de parceiros e clientes se expandam, facilitando o

empreendedorismo, lançando novos investimentos e promovendo a inovação. Para além das componentes económicas, as questões sociais dos cidadãos são também muito importantes nestas cidades. Šiurytė e Davidavičienė (2016) referem que, para serem cidadãos inteligentes, os indivíduos têm de aceitar a aplicação de novas tecnologias nas suas atividades diárias, a fim de simplificar o uso de vários serviços, uma vez que as *smart cities* trazem muitas vantagens. Nesse sentido, Khatoun e Zeadally (2016) referem a necessidade de uma maior proteção e segurança através da utilização, por exemplo, de câmaras de vigilância na rua e de serviços de emergência de resposta rápida. As cidades inteligentes mostram uma maior preocupação com o ambiente e com as redes de transportes, tendo em conta, por isso, os níveis de poluição e a iluminação pública, promovendo o transporte público como alternativa aos automóveis privados. Estas cidades também gerem cuidadosamente a energia doméstica e cuidam mais das instalações educativas, incluindo a realização de novos investimentos e a oferta de oportunidades para todos. Além disso, prestam mais atenção ao Turismo para garantir que têm em conta a preservação dos recursos naturais. Por último, as cidades inteligentes estão cada vez mais preocupadas em manter os seus cidadãos saudáveis, utilizando novas tecnologias para implementar sistemas eficientes para um melhor acesso a serviços de maior qualidade.

Apesar de todas as vantagens e benefícios que as cidades inteligentes trazem, existem, no entanto, alguns desafios e/ou problemas que devem ser tidos em conta no desenvolvimento de cidades inteligentes. Por exemplo: (1) (in)segurança de dados (Farahat, Tolba, Elhoseny, & Eladrosy, 2019; Komninos, Bratsas, Kakderi, & Tsarchopoulos, 2019), porque, segundo Khatoun e Zeadally (2016), a privacidade dos cidadãos também pode estar ameaçada por ciberataques; (2) potencial eficácia e aplicabilidade das soluções IoT (Silva, Khan, & Han, 2018); (3) medida em que a “esperteza” nos governos locais e o desenvolvimento sustentável podem coexistir (Yigitcanlar, Kamruzzaman, Buys, Ioppolo, Sabatini-Marques, da Costa, & Yun, 2018); e (4) barreiras para envolver os cidadãos em objetivos de cidades inteligentes (Bouzguenda, Alalouch, & Fava, 2019). Para além disso, estas cidades exigem grandes investimentos iniciais, algo que pode levar os municípios a evitá-los. Também os consumos de energia podem ser altos devido às tecnologias já existentes, podendo também os cidadãos não ser suficientemente “inteligentes” e recusar-se a aceitar o uso de tecnologias para automatizar as funções do seu dia-a-dia. A intrincada natureza dos problemas a nível local levou a pesquisas sobre uma série de desafios que são antecipados na execução de uma visão inteligente da cidade ou que já estão a ocorrer em cidades que estão a marchar em direção à “esperteza”.

A lista de preocupações relativas a este tema é longa e inclui riscos sociais e técnicos percebidos no âmbito da digitalização de ambientes urbanos (Bibri, 2019; Engin, van Dijk, Lan,

Longley, Treleaven, Batty, & Penn, 2020), vulnerabilidades de privacidade dos cidadãos na manipulação de dados (van Zoonen, 2016), negligência de fatores demográficos (Lee, Ahn, Song, & Ahn, 2018) e ceticismo em relação a práticas e políticas urbanas inteligentes emergentes (Bunders & Varró, 2019). Neste sentido, a noção de cidades inteligentes tornou-se um paradigma influente nos círculos políticos urbanos, nas empresas e na academia, sendo uma possível resposta aos desafios da segurança urbana. A noção de cidades inteligentes propõe que as infraestruturas em rede e as TIC possam ser alavancadas como soluções para os desafios sociais, económicos e ambientais atuais e futuros (Townsend, 2013). De seguida, serão expostos alguns estudos acerca desta temática, acompanhados das suas contribuições e limitações.

### **2.3. Estudos Relacionados: Contributos e Limitações**

Como resposta à crescente aglomeração de cidadãos nos meios urbanos, torna-se essencial preparar as cidades de forma a que consigam responder às inovações constantes e que sejam capazes de satisfazer as necessidades dos cidadãos, uma vez que grandes densidades populacionais nas cidades podem criar condições demográficas, sociais, económicas e ambientais menos favoráveis para os cidadãos (Hajduk, 2016). Assim, Lombardi, Giordano, Farouh e Yousef (2012, p. 144) notam que *“a city is a complex system. As complex systems, cities have unpredictable behaviors and, when some actions are set up, reactions and feedback can be obtained”*.

Percebendo a importância desta temática, numa fase inicial, Lombardi *et al.* (2011) exploraram a conexão das componentes do *Triple Helix Model* com as dimensões do ambiente urbano (*i.e.*, desenvolvimento económico, capital humano, cultura e lazer, ambiente e *e-governance*) para o desenvolvimento de cidades *smart*, de forma a explorar como estas cidades podem usar estes atributos no suporte à aprendizagem social, empresarial, de mercado e na transferência de conhecimento. Com efeito, decidiram acrescentar novos elementos ao modelo *Triple Helix*, explorando assim um modelo avançado com a adição das influências do mercado, do conhecimento e da aprendizagem. Os resultados deste estudo enfatizaram a importância de analisar as várias dimensões do ambiente urbano para avaliação da *performance* de uma cidade. Posto isto, uma das direções de investigação futura seria a estruturação de um modelo para apoio à decisão, o qual foi concretizado, em 2012, pelos mesmos autores. Ou seja, Lombardi *et al.* (2012) criaram um modelo que permite avaliar a componente *smart* das cidades com recurso

ao *Triple Helix Model*, que constitui uma estrutura de referência para a análise de sistemas de inovação baseada no conhecimento e que relaciona as três principais agências de criação de conhecimento (*i.e.*, universidades, indústria e governo). Em concreto, os autores adicionaram um novo agente de criação de conhecimento (*i.e.*, a sociedade civil), determinando assim um modelo de quatro hélices. Para cada um dos quatro agentes da inovação, Lombardi *et al.* (2012) propuseram indicadores de uma *smart city*, em conformidade com cinco *clusters* (*i.e.*, *smart economy*; *smart environment*; *smart people*; *smart living*; e *smart governance*). Desta forma, a digitalização, para além de gerar uma fonte de inovação prudente e promover o uso eficiente de matérias-primas, faz com que as TIC sejam essenciais para as *smart cities* e ganhem cada vez mais importância nos dias de hoje, pois racionalizam o uso de infraestruturas, apoiam o desenvolvimento sustentável, impulsionam o envolvimento dos cidadãos e dos gestores através de sistemas de *e-participation* e estimulam a aprendizagem através da experiência, adaptação e inovação, fazendo com que exista maior adaptação às mudanças do meio envolvente (Eremia, Toma, & Sanduleac, 2017).

Eremia *et al.* (2017) debruçaram-se sobre as *smart cities* devido ao seu interesse em compreender a evolução que o conceito foi sofrendo ao longo do tempo. Estes autores propõem algumas ferramentas e *guidelines* que, na sua ótica, auxiliam o desenvolvimento das cidades até atingirem o nível *smart*. Eremia *et al.* (2017) concluem que existem certas ferramentas que apresentam um maior impacto no desenvolvimento das cidades, tais como as TIC, devido ao elevado grau de praticabilidade e de utilidade que estas apresentam nos dias de hoje. Ao retirar o maior benefício possível destas ferramentas, os autores sugerem, por exemplo, a criação de grelhas inteligentes, cujo objetivo passa por fazer o controlo de determinados gastos dentro das *smart cities*, a fim de as tornar cada vez mais sustentáveis.

Por seu turno, Myeong, Jung e Lee (2018) elaboraram um estudo exploratório que analisa os determinantes de *smart cities* e as suas prioridades, através de uma “*analytic hierarchy process analysis*” (Myeong *et al.*, 2018, p. 1). Os autores identificaram dois tipos de fatores que estão na base do desenvolvimento das *smart cities*, nomeadamente: (1) fatores internos, que se subdividem em envolvimento do cidadão, liderança e infraestrutura; e (2) fatores externos, que se dividem em vontade política, partes interessadas e quarta revolução industrial. Para além disto, este estudo mostra que a presença de “*communication channels, public hearings, and direct stakeholders*” (Myeong *et al.*, 2018, p. 1) é importante para analisar cada subfactor.

LaMonica (2008) aborda o problema das fontes de energia inseguras e insustentáveis. Ao permitir que consumidores e fornecedores de energia partilhem em tempo real informações dinâmicas sobre preços e consumos, a produção de energia tenderá a ser mais eficiente.

Caragliu e Del Bo (2012), na exploração da sua *framework*, tinham como principal objetivo colocar o conceito de *Smart City* na vanguarda da análise do desempenho urbano, tendo considerado os impactos das características *smart* na análise do impacto local da sua amostra de 94 cidades em 14 países da União Europeia. Por um lado, operacionalizaram o conceito de *Smart City* e, por outro lado, apresentaram explicitamente o impacto local dessas variáveis *smart* nas cidades em análise (*i.e.*, indicadores de *smartness*, capital humano, densidade, indústria, facilidades e atratividade). Como principal resultado, foi possível afirmar que “*cities that are smarter tend also to outperform those with lower scores in the same indicator, and similar more traditional characteristics (human capital, density, industrial mix, amenities and attractiveness)*” (Caragliu & Del Bo, 2012, p. 108).

Quando o tema é a transformação digital nas cidades, a perspetiva do urbanismo não deve ser descurada. Desta forma, Sanchez-Sepulveda, Fonseca, Franquesa e Redondo (2019) referem que o urbanismo trata de construir um cenário para a evolução urbana, imaginar as condições de transformação e propor um processo capaz de incorporar novas experiências na relação homem-ambiente. A utilização da inovação tecnológica tem um efeito sobre o modo através do qual os movimentos sociais e as diversas formas de cidadania ativa operam a partir de baixo, como agentes de inovação, inclusão e desenvolvimento social, uma vez que o ato de “urbanizar”, como um projeto concretizado através de transformação digital, requer uma visão das partes do processo que precisam de ser transformadas. Na *Tabela 2.1* é apresentada uma síntese de alguns estudos realizado anteriormente, com o propósito de fazer um levantamento dos seus contributos e limitações no âmbito da digitalização nas cidades.

**Tabela 2.1: Modelos de Análise da Digitalização nos Meios Urbanos, Contributos e Limitações**

AUTOR	MÉTODO	CONTRIBUIÇÃO	LIMITAÇÕES RECONHECIDAS PELOS AUTORES
Lombardi <i>et al.</i> (2011)	<i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite identificar quais os componentes que uma cidade <i>smart</i> deve considerar para ser geradora de capital intelectual e aprendizagem social.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudo peca por não esclarecer qual o processo a percorrer para que uma cidade atinja a sua <i>smartness</i>.</li> </ul>
Caragliu & Del Bo (2012)	Análise econométrica com recurso a estimativas autorregressivas espaciais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operacionaliza o conceito de <i>smart city</i> e possibilita a análise do desempenho urbano e a elaboração de políticas públicas;</li> <li>Facilidade de aplicação da <i>framework</i> a outros contextos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perda de variáveis que, por falta de informação, foram excluídas mesmo sendo potencialmente relevantes para a análise, algo que afetou os resultados obtidos;</li> <li>Foco no desempenho urbano e não nas componentes de uma <i>smart city</i>.</li> </ul>
Lombardi <i>et al.</i> (2012)	<i>Analytic Network Process</i> (ANP) aplicado ao modelo <i>Triple Helix</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite identificar interações e <i>feedbacks</i> dentro e entre <i>clusters</i>, priorizando os indicadores de performance;</li> <li>Fácil aplicação do método criado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O modelo não considera características relacionadas à sustentabilidade ecológica na avaliação das <i>smart cities</i>.</li> </ul>
Marshall (2013)	Modelo de desenvolvimento orientado para o trânsito	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ligação da metodologia com os conceitos de sustentabilidade e habitabilidade;</li> <li>Ajuda os planeadores da cidade a reconhecer as cidades e lugares mais eficientes para viver.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não considera as variáveis selecionadas para esta avaliação como procuração;</li> <li>Desvio dos verdadeiros objetivos finais.</li> </ul>
Hajduk (2016)	ISSO 37120 Standard	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilita a partilha de aprendizagem entre cidades, algo que permite a comparação entre medidas de desempenho e futura partilha de <i>best practices</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fraca monitorização no planeamento da cobertura em diferentes unidades territoriais.</li> </ul>

Mallapuram <i>et al.</i> (2017)	Ferramentas de simulação e de avaliação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Criação de uma série de plataformas de <i>open-source</i>;</li> <li>▪ <i>Software</i> de simulação para peões que oferece a avaliação de atuais e futuras condições de tráfego;</li> <li>▪ Ideia de criar uma plataforma única de avaliação, apresentando vários exemplos de projetos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plataformas de <i>open-source</i> podem não ser as mais adequadas e seguras;</li> <li>▪ Existência apenas de possíveis projetos de criação de um sistema único.</li> </ul>
Eremia <i>et al.</i> (2017)	Revisão de literatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Explicita as diferentes características de uma <i>smart city</i> e quais as ferramentas que devem ser utilizadas para transformar uma cidade normal em smart;</li> <li>▪ Esclarece quais são as guidelines que permitem desenvolver uma cidade até ao nível de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Salaria a importância que as TIC têm no desenvolvimento de uma <i>smart city</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Método utilizado para a realização do estudo apenas permite fazer uma análise descritiva da temática <i>smart city</i>.</li> </ul>
Myeong <i>et al.</i> (2018)	Painel de especialistas e <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definem o conceito de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Analisam os determinantes de <i>smart cities</i> tendo em conta a participação dos cidadãos com vários canais comunicação no processo de construção de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Importância de fatores internos e externos para os cidadãos no que diz respeito à construção de <i>smart cities</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tamanho e scope da amostra limitados;</li> <li>▪ Falta de especialistas de <i>smart city</i> em vários campos, tais como investigadores de tecnologia, engenheiros e funcionários administrativos entendidos na matéria;</li> <li>▪ Falta de validação do estudo (em contexto real).</li> </ul>
Sanchez-Sepulveda <i>et al.</i> (2019)	Ferramentas de <i>design</i> urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhorar a motivação, implicação e satisfação do público nos processos de tomada de decisão urbana;</li> <li>▪ Fomenta para a inclusão social na cidade de Barcelona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Não contempla possíveis necessidades sociais insatisfeitas;</li> <li>▪ Não estuda a correlação entre a interação do utilizador e o método de visualização e a forma como o podem gerir para servir de ferramenta para satisfazer as suas necessidades;</li> <li>▪ É focado apenas em Barcelona.</li> </ul>

A *Tabela 2.1* reúne um conjunto de estudos realizados acerca da temática em análise, que se apresentam como parte da literatura da presente dissertação, espelhando diferentes modelos de análise que foram construídos ao longo do tempo para analisar a transformação digital nos meios urbanos. Parece evidente, no entanto, que os modelos apresentados recorreram a metodologias diferentes, contemplando aspetos objetivos e subjetivos, sendo importante, por isso, analisar e perceber quais as lacunas evidenciadas por parte deste portfólio de modelos, com o mote de tentar colmatar as limitações gerais identificadas.

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

Não existem abordagens metodológicas isentas de limitações. A revisão da literatura demonstrou um conjunto de limitações metodológicas nos métodos de avaliação atuais, que têm impacto nas suas contribuições. Ainda assim, as questões relacionadas com os benefícios da digitalização nas cidades, embora recentes, têm sido cada vez mais exploradas por diferentes autores.

Diferentes métodos e índices de medição foram desenvolvidos até ao momento, em função dos diferentes planos associados ao conceito. A *Tabela 2.1* exemplificou apenas alguns estudos que se têm vindo a realizar relativamente às estratégias de digitalização nos meios urbanos. As limitações apontadas, porém, inserem-se em metodologias que pecam, inúmeras vezes, pela falta de abrangência e de diversidade de dados. Acresce o facto de, por inúmeras ocasiões, se terem realizado estudos meramente conceituais (Choudrie, Junior, McKenna, & Richter, 2018) ou, por outro lado, acentuadamente analíticos e que não permitam uma extrapolação dos dados que os aproxime o mais possível da realidade (Fonseca, 2014).

As limitações metodológicas gerais encontradas podem ser agrupadas em duas grandes categorias: (1) forma pouco clara como são identificadas e incorporadas as variáveis/critérios nos modelos desenvolvidos; e (2) escassez de análises que incidam sobre as relações de causalidade entre as variáveis, nomeadamente em termos dinâmicos. Devido aos desafios e à complexidade inerente a estes diversos problemas, os diferentes decisores/*stakeholders* optam, muitas vezes, por abordagens que possibilitem uma simplificação através de uma tomada de decisão de carácter mais intuitivo (Angelis & Kanavos, 2017). No entanto, muita informação pode ser excluída da análise, pretendendo-se que o modelo de análise a desenvolver no âmbito da presente dissertação consiga aceitar a incerteza e a subjetividade, focando-se na integração tanto de aspetos objetivos como de elementos subjetivos.

Dado o crescimento da transformação digital nas mais diversas indústrias, Ferreira, Santos, Santos e Spahr (2014) referem que é num cenário competitivo e de elevados níveis de instabilidade e de complexidade que a gestão da *performance* e o processo de tomada de decisão assumem um papel relevante para a obtenção dos objetivos definidos. Neste contexto, Umans, Kockum, Nilsson e Lindberg (2018, p. 411) sustentam que “*digitalisation might allow for a more efficient execution of work and for faster decision making with reduced risk*”. É precisamente com o intuito de superar as limitações metodológicas referidas anteriormente que a presente dissertação sugere o recurso a técnicas de apoio à tomada de decisão multicritério, algo a ser explorado nos próximos capítulos.

## SINOPSE DO CAPÍTULO 2

Este capítulo pretendeu demonstrar que o desenvolvimento tecnológico permitiu criar um ambiente de inovação no que ao desenvolvimento das cidades diz respeito, procurando revitalizar questões de sustentabilidade e de segurança, reduzir e controlar consumos de bens naturais como a água ou energia e, ainda, tornar os cuidados de saúde mais inteligentes de forma a promover prognósticos de forma mais precoce. Conforme observado no *ponto 2.1*, para que tal aconteça, a digitalização nos meios urbanos deve ter em conta a própria evolução da transformação digital e das cidades, algo que terá de envolver igualmente o urbanismo. Desta forma, a digitalização nos meios urbanos necessita de se materializar na implementação de tecnologias digitais associadas à inovação integrada numa visão estratégica envolvendo toda a cidade. Como tal, no *ponto 2.2*, foram apresentados os riscos e os benefícios da digitalização que têm marcado as cidades inteligentes. Os benefícios passam pela redução de custos, melhoria da eficiência e da qualidade de vida dos cidadãos, mas requerem uma vasta gama de aplicações nas sociedades modernas, como por exemplo na educação inteligente e na segurança inteligente. Ainda neste âmbito, parece essencial que se atinja um estado de equilíbrio que possibilite tirar partido da inovação tecnológica sem colocar em causa a estabilidade e o quotidiano das pessoas. Por outro lado, a (in)segurança dos dados e a privacidade dos cidadãos são riscos consideráveis, aliados ainda a grandes investimentos iniciais na aplicação da digitalização nos meios urbanos. O estudo acerca da transformação digital nas cidades não é propriamente recente e, como tal, diversos estudos têm reunido um conjunto de modelos que, apesar dos contributos teóricos fornecidos, podem, tendo em conta as suas limitações, ser agrupados em duas categorias principais: (1) forma pouco clara como são identificadas e incorporadas as variáveis/critérios nos modelos desenvolvidos; e (2) escassez de análises que incidam sobre as relações de causalidade entre as variáveis, nomeadamente em termos dinâmicos. Por conseguinte, tendo presente a importância de não deixar de parte o pensamento humano neste contexto – e no sentido de procurar uma lógica de melhoria contínua e de colmatar as limitações metodológicas encontradas –, recorrer-se-á a técnicas de apoio à tomada de decisão multicritério. Desta forma, será possível analisar as relações de interdependência entre os determinantes da digitalização nas cidades, assim como o respetivo impacto para a evolução da transformação digital neste contexto, de forma a apresentar um modelo tendencialmente mais informado no apoio à implementação de estratégias futuras.





contextualização inserida no corpo literário analisado no capítulo anterior evidencia a preocupação e a necessidade de se adotar uma abordagem metodológica que possibilite às cidades alavancar os benefícios da digitalização. Tendo em conta as limitações gerais identificadas nos modelos apresentados no *Capítulo 2*, conjugadas com a crescente importância que a transformação digital tem assumido, o presente capítulo irá procurar salientar as razões que levaram à adoção de uma abordagem construtivista na estruturação e na aplicação de um novo modelo. Neste sentido, tendo presente a importância de colmatar algumas das lacunas apresentadas pelos modelos anteriormente desenvolvidos, assim como de apresentar um processo de tratamento de informação que se caracterize por ser uma atividade aberta, tolerante e colaborativa, o presente capítulo procurará espelhar a importância de complementar análises qualitativas e quantitativas para a temática em estudo. Para tal, será enquadrada, conceptual e epistemologicamente, a orientação seguida, que se pautará pela lógica construtivista que, por sua vez, norteia o mapeamento cognitivo e o método *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL).

### 3.1. *Problem Structuring Methods*

*Problem Structuring Methods* (PSMs) são métodos de estruturação de problemas complexos ou, de acordo com Cunha e Morais (2017, p. 1081), “*are a family of methods developed to support the process of group decision making, allowing stakeholders to understand a problem and commit to a consequent action*”. Os PSMs têm sido um dos domínios em crescimento no âmbito da Investigação Operacional (IO), ampliando a sua abordagem fundamentalmente analítica em domínios problemáticos onde a IO tinha falhado anteriormente, sendo uma abordagem caracterizada por: (1) múltiplos atores; (2) perspetivas diferentes; (3) interesses parcialmente conflitantes; (4) intangíveis significativos; e (5) incertezas desconcertantes (Rosenhead, 2006).

Os métodos de estruturação de problemas complexos surgem para auxiliar os intervenientes na compreensão desses mesmos problemas, promovendo a aprendizagem e auxiliando a

intervenção de forma sustentável e sistêmica perante momentos de indecisão e risco (Ackermann, 2012). Rosenhead (2006, p. 759) é da opinião que “*these methods aimed to support were those problems that encompassed multiple actors, differing perspectives, partially conflicting interests, significant intangibles, and perplexing uncertainties*”. De igual modo, Ackermann (2012, p. 652) defende que os PSMs podem ser vistos como “*a key to producing agreements that would and could be implemented, particularly in situations where there was no clear agreement as to the exact problem or its solution*”. Ainda de acordo com Mingers e Rosenhead (2004), um PSM deve: (1) permitir que várias alternativas possam ser conjugadas umas com as outras; (2) ser cognitivamente acessível, para que qualquer indivíduo possa utilizá-lo sem qualquer especialização ou treino; (3) operar iterativamente, para que a representação do problema se ajuste para/entre os intervenientes; e (4) permitir melhorias parciais quando identificadas e/ou comprometidas.

O construtivismo indica que o objetivo do apoio à tomada de decisão deve assentar na construção de modelos que permitam aos decisores seguir as suas convicções, objetivos e sistema de valores. Esta perspetiva construtivista coloca em questão a ideologia da utilização de processos formais e únicos para alcançar o ótimo matemático. Isto é, a abordagem construtivista permite a criação de um modelo de juízos de valor, com base em hipóteses, para futuras recomendações (Bana e Costa, 1993). Acompanhando a evolução que a ideologia construtivista tem assumido ao longo do tempo, diversas escolas do pensamento têm desenvolvido técnicas e metodologias de estruturação de problemas de decisão, sendo que o mapeamento cognitivo tem sido amplamente utilizado neste contexto (Montibeller & Belton, 2006). Desta forma, na presente dissertação, a abordagem epistemológica adotada é pautada pelo construtivismo, sendo que o mapeamento cognitivo se manifesta como um PSM.

### ***3.1.1. Abordagens Participatórias e Mapeamento Cognitivo***

A essência da abordagem participatória consiste em incluir as partes interessadas no processo de tomada de decisão e estas podem ajudar a integrar as preferências e as exigências dos atores com base nas suas diferentes opiniões e expectativas. Esta colaboração melhora as relações entre os intervenientes e os decisores, promovendo decisões informadas, compreensão, confiança e aprendizagem social (Reed *et al.*, 2010; Voinov & Bousquet, 2010). Além disso, a colaboração dos atores é diferente de acordo com o seu nível de envolvimento em abordagens participatórias. É uma continuidade do envolvimento do ator, desde a divulgação passiva da informação até ao envolvimento ativo e capacitação (Arnstein, 1969; Reed, 2008). Perante este

enquadramento, envolver atores com diferentes preferências, opiniões e expectativas em abordagens participatórias pode enriquecer a análise da digitalização nos meios urbanos.

Biggs (1989) identificou quatro níveis de participação: contratual; consultivo; colaborativo; e colegial. No primeiro nível, a decisão é tomada por um único ator principal, que define tarefas para os restantes participantes do processo. No segundo nível, a decisão é igualmente tomada pelo ator principal e a consulta e a recolha de informação são realizadas entre outras partes interessadas. No terceiro nível, vários intervenientes colaboram entre si no mesmo conjunto de regras e as suas decisões têm igual peso. Por fim, no quarto nível, os atores colaboram como parceiros e um consenso é alcançado para tomar decisões. De acordo com a literatura (*cf.* Howard, 1980; Lafon, McMullin, Steffen, & Schulman, 2004), abordagens participatórias que envolvem participação ativa (*e.g.*, *workshops* e *focus group*, onde os participantes se expressam e participam em debates) parecem influenciar mais a opinião, a aprendizagem e o conhecimento dos atores do que a participação passiva com o seu envolvimento indireto (*e.g.*, ler, ouvir uma palestra ou assistir a reuniões sem falar). A *Tabela 3.1* apresenta algumas características relativas a cada um dos quatro níveis de envolvimento aqui tratados.

**Tabela 3.1: Níveis de Envolvimento dos Atores nas Abordagens Participatórias**

Fonte: Marques, Oliveira & Borges (2020).

NÍVEL DE ENVOLVIMENTO	DESCRIÇÃO	TÉCNICAS DE PARTICIPAÇÃO (EXEMPLOS)
Informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informação prestada aos intervenientes com o objetivo de ajudar a compreender o problema, as alternativas, oportunidades e soluções.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Newsletters</i> e comunicados de imprensa;</li> <li>▪ Relatórios;</li> <li>▪ Apresentações e audiências públicas;</li> <li>▪ Página <i>web</i> da Internet.</li> </ul>
Consulta	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fluxo bidirecional de informação para obter <i>feedback</i> sobre análise, alternativas e decisões.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entrevistas;</li> <li>▪ Questionários e inquéritos;</li> <li>▪ Mapa cognitivo.</li> </ul>
Colaboração	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atividades com intervenientes envolvidos na resolução de problemas e no desenvolvimento de propostas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Workshop</i> com discussões participativas;</li> <li>▪ <i>Focus group</i>.</li> </ul>
Codecisão	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Colaboração onde existe controlo partilhado da tomada de decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análise multicritério;</li> <li>▪ Análise de cenários;</li> <li>▪ Conferência de consenso.</li> </ul>
Capacitação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transferência de controlo do nível de tomada de decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análise multicritério;</li> <li>▪ Análise de cenários;</li> <li>▪ Conferência de consenso.</li> </ul>

A importância de um envolvimento direto por parte dos envolvidos faz parte da lógica construtivista em que os mapas cognitivos são baseados. Estes surgiram por intermédio do cientista político Robert Axelrod, em 1976, para representar o conhecimento científico social (cf. Kosko, 1986). Trata-se de uma técnica de visualização que se sustenta no valor acrescentado resultante da compreensão mais profunda das ligações de causa e efeito entre os critérios, da integração de critérios objetivos e subjetivos e da definição de diretrizes estratégicas (Ferreira, Spahr, Sunderman, & Jalali, 2018). Segundo Eden (1992), o mapeamento cognitivo surge associado a um modelo de pensamento que descreve e prevê comportamentos sobre determinada problemática, definição que Ferreira *et al.* (2018, p. 1271) sustentam, ao afirmar que, “grounded on a constructivist stance, cognitive maps can assume diverse visual and interactive forms, helping individuals materialise and share their experiences, thoughts and ideas, while promoting discussion”. Além disso, os mapas cognitivos promovem a transparência, auxiliam a reduzir a carga cognitiva e reduzem a taxa de critérios omitidos no processo de decisão (Fernandes, Ferreira, Bento, Jalali, & António, 2018; Ferreira *et al.*, 2018; Martins, Filipe, Ferreira, Jalali, & António, 2015), sendo que, quando a tomada de decisão apresenta fatores diversificados, o mapeamento cognitivo surge como uma possível abordagem

metodológica com grande potencial, pois possibilita a modelização da subjetividade inerente às relações entre as variáveis/critérios existentes (Eden, 1992; Fernandes *et al.*, 2018; Filipe, Ferreira, & Santos, 2015).

Suportada pelas evidências de Angelis e Kanavos (2017), a tomada de decisão é predominantemente subjetiva, pois depende da utilidade reconhecida e das preferências dos indivíduos. Como tal, os autores simplificaram a metodologia do processo de tomada de decisão em quatro passos: (1) estruturação do problema de decisão; (2) determinação das preferências e valores dos decisores; (3) avaliação de possíveis impactos de cada alternativa; e (4) avaliação e comparação das alternativas. Neste contexto, é importante situar a utilização do mapeamento cognitivo no suporte à estruturação de problemas de decisão com alguma complexidade, através da representação gráfica das relações de causa e efeito entre os critérios de decisão presentes no modelo (Belton & Stewart, 2010; Martins *et al.*, 2015; Oliveira, Ferreira, Pérez-Bustamante, & Jalali, 2017). Na prática, um mapa cognitivo assemelha-se a um diagrama de conceitos interligados por um conjunto de setas, como exemplificado na *Figura 3.1*.



**Figura 3.1: Exemplo de Mapa Cognitivo**

*Fonte: Ferreira, Santos e Rodrigues (2011a, p. 1325).*

Baseados na abordagem construtivista do apoio à tomada de decisão, os mapas cognitivos apresentam uma lógica visualmente interativa e versátil, ao facilitar a comunicação, ao fornecer ao decisor uma compreensão mais profunda do problema de decisão em estudo e ao provocar

uma harmonização parcial com a realidade através da experiência de especialistas e *stakeholders* (Bana e Costa, Ensslin, Cornêa, & Vansnick, 1999; Eden, 1992 e 2004; Ferreira *et al.*, 2018; Jetter & Kok, 2014). Como tal, Ferreira, Santos, Rodrigues e Spahr (2011b), assim como Ribeiro, Ferreira, Jalali e Meidutė-Kavaliauskienė (2017), salientaram a ideia de que os mapas cognitivos têm duas funções principais: (1) uma função descritiva, ou seja, fornecem representações visuais, ajudando os indivíduos a ter uma melhor percepção do problema em questão; e (2) uma função de reflexão, onde o mapa é visto como uma ferramenta para apoiar o desenvolvimento de novas ideias. De facto, tal como Azevedo e Ferreira (2019) apontam, a postura construtivista destes mapas destaca a interatividade, a versatilidade e a relativa simplicidade como as suas principais vantagens.

Partindo desta metodologia de estruturação, o objetivo passa por construir uma representação integrada dos critérios/variáveis inseridos no contexto decisório, a partir das preferências e dos valores subjetivos fornecidos pelos intervenientes (Bana e Costa, Stewart, & Vansnick, 1997; Filipe *et al.*, 2015; Ladeira, Ferreira, Ferreira, Fang, Falcão, & Rosa, 2019; Martins *et al.*, 2015). Como tal, quando não está presente apenas uma abordagem cognitiva individual, mas sim de grupo, os mapas cognitivos lidam com questões interpessoais que se fundem num conjunto de critérios interligados numa lógica neuronal (Eden, 2004). Não obstante, o mapeamento cognitivo permite proceder à inclusão de diversas variáveis e conceitos que interagem entre si, no sentido de gerar e modelar o conhecimento, pois a identificação e a compreensão da relação entre fatores que afetem a *performance* é uma das etapas mais importantes da designada gestão de desempenho (Ferreira, Santos, & Rodrigues, 2011a; Martins *et al.*, 2015).

Como referido, a terminologia “mapeamento cognitivo” surge associada a um modelo de pensamento sobre determinado problema (Eden, 2004), sendo que, de acordo com Eden (1992), a capacidade de um mapa representar um modelo cognitivo e de pensamento depende de duas características: (1) adequação da representação e da construção do modelo cognitivo, verificando se se traduz numa boa reflexão; e (2) capacidade de obtenção de dados, pois os dados subjetivos podem atuar como uma ferramenta para facilitar a tomada de decisões e a resolução de problemas complexos. Devido à sua interatividade, versatilidade e simplicidade, Fiol e Huff (1992) sugerem que os mapas cognitivos sejam classificados em três grandes grupos: (1) mapas de identidade; (2) mapas de categorização; e (3) mapas causais ou de argumentação. A *Tabela 3.2* apresenta as características de cada uma destas categorias, apesar de todas elas poderem apresentar diferentes configurações (*e.g.*, representação gráfica, matriz algébrica, listagem ou texto) (Eden & Ackermann, 2004).

**Tabela 3.2: Características e Objetivos dos Diferentes Tipos de Mapas Cognitivos**

Fonte: Ferreira (2011, p. 133).

TIPO DE MAPA	CARACTERÍSTICAS E OBJETIVOS
Mapas de identidade	Visam estabelecer uma forma de identificar os elementos chave do problema, permitindo saber quais os actores, eventos e processos a ter em consideração no desenvolvimento de um modelo de apoio à decisão.
Mapas de categorização	Procuram obter informações sobre o problema através do desenvolvimento de um processo de categorização. Ou seja, visam conduzir os atores a classificar os eventos e as situações com base nas suas diferenças e semelhanças.
Mapas causais e de argumentação	Visam gerar um entendimento sobre as ligações existentes entre um evento no tempo e qualquer outro evento que ocorra em momento diferente. Estes mapas, para além de identificarem caminhos entre dois eventos, proporcionam as evidências necessárias sobre as afirmações e/ou suposições que os atores fazem no processo de construção.

Independentemente do tipo de mapa e da forma pela qual um mapa cognitivo pode ser representado, importa dar particular atenção às relações de causalidade existentes entre os conceitos retratados (cf. Eden, 2004). Desta forma, Tegarden e Sheetz (2003, p. 114) admitem que, “*essentially, a cognitive map is a graph composed of nodes and links (relationships) connecting the nodes. A cause map is essentially a cognitive map where the relationships are restricted to causal relationships, i.e., each relationship in the map is restricted to a may-lead-to, has-implications-for, supports, or cause-effect type of relationship*”, sendo estas relações de causalidade representadas através de setas, às quais se encontra associado um sinal positivo ou negativo, em função do tipo de causalidade identificado (Eden, 2004; Montibeller, Belton, Ackermann, & Ensslin, 2008). Por esta ordem de ideias, Eden (2004), Eden e Ackermann, (2004) e Ferreira (2011) defendem que os mapas cognitivos são normalmente construídos segundo uma estrutura hierárquica, na qual as metas e os objetivos a serem atingidos são representados no topo, seguidos das questões estratégicas e das opções potenciais, tal como ilustra a *Figura 3.2*.



**Figura 3.2: Estrutura Hierárquica de um Mapa Cognitivo**

*Fonte: Eden e Ackermann (2004, p. 618).*

Face ao exposto, Ferreira, Spahr, Santos e Rodrigues (2012) referem que os mapas cognitivos podem ser utilizados para: (1) promover a discussão entre os decisores envolvidos no processo de apoio à decisão; (2) reduzir a taxa de critérios importantes omitidos, uma vez que, ao tentar compreender a complexidade de um problema e os respetivos fatores, os decisores refletem sobre os seus próprios valores pessoais, deixando de excluir variáveis fulcrais para o processo de decisão (Ferreira *et al.*, 2011b); e (3) monitorizar a aprendizagem através da compreensão das relações de causalidade entre os conceitos selecionados (*cf.* Bana e Costa *et al.*, 1999; Damart, 2010; Mackenzie *et al.*, 2006). Desta forma, a construção de mapas cognitivos permite uma análise do problema “*com uma riqueza de informação que dificilmente seria possível obter sem o recurso a esta ferramenta*” (Ferreira, 2011, p. 134). Importa ter presente, no entanto, que à medida que o mapa vai sendo construindo, vai também ficando mais complexo. Neste sentido, a análise da informação contida nos mapas, segundo Eden, Ackermann e Cropper (1992), deve ser extraída em função de: (1) características gerais do mapa (*i.e.*, complexidade e características particulares dos conceitos e laços de influência, sendo que a complexidade de um mapa é representada pelo número de conceitos ilustrados); (2) análise das contribuições realizadas e respetivo agrupamento de variáveis, através de uma análise de *clusters*; (3) observação da posição de cada variável no mapa, através da averiguação de situações de circularidade e de estabilidade; e (4) consolidação dos dados obtidos, com o intuito de proceder à adequada tomada de decisão.

Mesmo sendo visíveis os benefícios decorrentes da utilização dos mapas cognitivos, Ackermann, Eden e Crooper (1992) admitem que estes também apresentam algumas limitações (e.g., dificuldade, por parte do facilitador, em compreender os conceitos proferidos pelos decisores, bem como em captar as ideias-chaves enunciadas por eles). No entanto, mesmo apresentando limitações, Eden e Ackermann (2004, p. 617) afirmam que *“it is the richness of a map that provides opportunities for option development and problem solving”*, pelo que, *“o importante é considerar os mapas cognitivos como ferramentas extremamente úteis no processo de estruturação de problemas, e que graças ao seu carácter recursivo e flexível estão fortemente ligados à convicção do construtivismo”* (Ferreira, 2011, p. 132). De seguida, serão expostas algumas técnicas de desenvolvimento de mapas cognitivos.

### **3.1.2. Técnicas de Desenvolvimento de Mapas Cognitivos**

Como visto, os mapas cognitivos tornam-se úteis nos processos de tomada de decisão, pois têm a capacidade de ajudar a identificar oportunidades de ação, reduzir erros e indagar boas soluções (Ferreira *et al.*, 2012). Ferreira e Jalali (2015) acrescentam ainda que, apesar dos resultados desses mapas dependerem do grau de envolvimento dos decisores, o seu uso é visto como simples, interativo e versátil. Essas características fazem com que o desenvolvimento de mapas cognitivos permita aumentar a discussão entre os participantes envolvidos num processo de tomada de decisão, levando a uma redução do número de critérios omitidos, aumentando a transparência da análise e melhorando significativamente a compreensão da situação de tomada de decisão (Ferreira & Jalali, 2015). Segundo Swan (1997), as técnicas de mapeamento incluem, variadamente:

- análise de conteúdo de texto para revelar conceitos e temas-chave;
- técnicas de rede de repertório e análise de fatores para identificar dimensões que estão na base dos conceitos que os indivíduos utilizam em domínios de resolução de problemas;
- codificação sistemática das relações causais com base na análise de documentos;
- matrizes e técnicas de multiplicação de matrizes para examinar as relações causais entre conceitos-chave;
- *software* informático para produzir modelos de significados conceptuais e relações causais;
- entrevistas em que os participantes se questionam para expor conceitos e relacionamentos;



orientada para os objetivos, através de uma visão mais abrangente dos objetivos gerais, tornando gradualmente esses valores iniciais em conceitos mais detalhados. A abordagem *bottom-up*, por seu turno, é orientada para as alternativas, iniciando-se com a análise de situações mais detalhadas estimuladas a partir dos pontos fortes e fracos das alternativas disponíveis de modo a chegar gradualmente aos objetivos. Em suma, fazendo uma análise do que foi abordado anteriormente, verifica-se uma forte ligação entre a lógica construtivista e a elaboração de mapas cognitivos, ferramentas essenciais para a tomada de decisão. Os mapas cognitivos podem contribuir para a análise dos benefícios da digitalização urbana, tal como exposto de seguida.

### ***3.1.3. Contributos para a Análise dos Benefícios da Digitalização Urbana***

Conforme exposto no capítulo anterior, as cidades tendem a aumentar rapidamente, tanto em número (*i.e.*, densidade urbana) como em tamanho (Kourtit & Nijkamp, 2012). Numa perspetiva económica, não existem argumentos que demonstrem a existência de um limite ótimo para o tamanho de uma cidade ou para a sua urbanização. Carli, Dotoli, Pellegrino e Ranieri (2013, p. 1288) referem que, “*clearly, a smart city requests a performance indicators dashboard to measure its smartness and eventually perform suitable actions in order to improve its smartness characteristics*”. Nesta matéria, Kourtit, Nijkamp e Arribas (2012, p. 233) reforçam ainda que “*such indicators should be measurable, comparable, transferable and consistent over all relevant cities*”. É importante salientar, no entanto, que “*a city is not a mere addition of a single and non-communication parts because urban structures and functions are linked*” (Mattoni, Gugliermetti, & Bisegna, 2015, p. 106).

Uma cidade está inserida num meio de grande incerteza e, tendo em conta a complexidade dos problemas relacionados atualmente às cidades, a abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) permite simplificar estes processos, promovendo a aprendizagem e a geração de ideias. Com base nesta abordagem, é assegurado um método mais realista, interativo e racional, uma vez que o processo de decisão é mais evolutivo e aberto a novas oportunidades. Neste sentido, Mendoza e Martins (2006) acreditam que o recurso a técnicas multicritério seja oportuno, uma vez que estas, segundo os mesmos autores, apresentam características particulares (*i.e.*, capacidade de lidar com um conjunto de dados qualitativos e quantitativos, bem como o facto de permitir uma conveniente estruturação do problema para garantir um planeamento colaborativo no processo de decisão). A principal vantagem desta análise multicritério reside no facto de não se basear na construção de um único critério que tenha sobre

sua alçada todos os aspetos relevantes de um problema (Bana e Costa *et al.*, 1997). Isto é, esta abordagem, ao integrar elementos objetivos e subjetivos e contemplando múltiplos critérios sem ter a ideia pré-concebida da procura do ótimo matemático, potencializa o seu valor quando adotada. Tendo em conta a complexidade dos problemas de decisão na vida real, esta abordagem tem por base uma vertente construtivista, onde é fomentada a partilha e a discussão entre decisores. Além disso, torna-se útil na medida em que analisa as diferentes perspetivas das alternativas, impulsiona a interação e a aprendizagem e contribui para a transparência de todo o processo, algo que resulta em análises mais completas e pormenorizadas. Com efeito, por tratar-se de um processo evolutivo, propicia uma abordagem mais informada e estruturada.

A adoção da abordagem MCDA enriquece a temática das *smart cities* dado que: (1) permite a análise de múltiplas alternativas e múltiplos decisores; (2) contempla a opinião e a experiência profissional dos decisores no processo de avaliação das *smart cities*; (3) permite a partilha de informação e torna claras as situações de conflito entre atores envolvidos; (4) substitui a busca de soluções ótimas por soluções de compromisso aceites entre os envolvidos no processo de decisão; e (5) capacita a construção de um modelo adaptado à problemática em análise e que não pré-exista.

Ao contrário de outras metodologias de apoio à tomada de decisão, o mapeamento cognitivo é uma técnica muito útil para modelar o conhecimento de especialistas numa determinada área de investigação, sendo pertinente conjugá-la com a aplicação da técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), de modo a que ambas possam colmatar as limitações das práticas existentes – e solidifiquem as análises feitas – no âmbito das análises de digitalização urbana. Face ao exposto, parece evidente que a utilização de técnicas multicritério pode oferecer um grande potencial no âmbito da digitalização urbana, fundamentalmente devido à sua capacidade de conseguir relacionar inúmeros critérios, quer sejam objetivos ou subjetivos, quantitativos ou qualitativos, explorados com base na troca de perspetivas e experiência de um grupo de decisores especializados na área. Assim, a modelização e a gestão de sistemas dinâmicos complexos podem beneficiar da aplicação conjunta de técnicas de mapeamento cognitivo e da técnica DEMATEL, sendo pertinente analisar esta abordagem no âmbito da presente dissertação.

## 3.2. O Método DEMATEL

As pessoas são normalmente confrontadas com processos de tomada de decisão em domínios sociais, profissionais e pessoais, onde pelo menos duas ou mais alternativas são necessárias para serem examinadas (Buchanan & O'Connell, 2006; Yazdi, 2019). Entre os métodos multicritério de apoio à tomada de decisão existentes, o método *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) (Gabus & Fontela, 1972) é, provavelmente, uma das técnicas mais rápidas na área de hibridização de múltiplas metodologias para lidar com os pressupostos limitados, tais como a dependência de fatores (Gabus & Fontela, 1972). A técnica DEMATEL é capaz de retratar o efeito global (*i.e.*, influência) de fatores, visualizando as relações causais (Liaw, Chang, Chang, & Chang, 2011; Tseng, 2009) e analisando os fatores dependentes (Liou, Yen, & Tzeng, 2008). Devido às suas vantagens, o método DEMATEL tem sido amplamente utilizado em vários campos para ajudar o processo de tomada de decisão, identificando fatores críticos e construindo um diagrama de relação causal.

À semelhança de outras abordagens estruturais de modelação, a técnica DEMATEL também tem uma elevada capacidade para examinar as causas e os efeitos das relações entre os fatores de um sistema complexo. Pode aprovar a interdependência entre os fatores, bem como desenvolver um mapa que reflita as relações entre eles para resolver problemas de decisão complexos. Com efeito, a técnica DEMATEL tem capacidade suficiente para classificar as relações de interdependência em dois grupos: fatores de *causa* e fatores *efeito*. Da mesma forma, pode descobrir os fatores críticos usando a ajuda de um mapa de relação num sistema estrutural. É um método útil para analisar as interdependências entre fatores num processo complexo, tendo sido amplamente utilizado na análise de risco e gestão e tomada de decisão de sistemas complexos (Li, Han, Zhang Abassi, & Change, 2020; Liu & Chen, 2020; Yazdi, Khan, Abbassi & Rusli, 2020). Para além disto, a técnica DEMATEL pode ainda extrair as dependências entre fatores de causa e efeito que não necessitam de uma grande quantidade de informação. No próximo ponto é apresentada a formulação matemática do método.

### 3.2.1. Exposição Inicial

A técnica DEMATEL, como discutido na literatura, pode facilmente mapear as inter-relações entre os fatores identificados num modelo estrutural compreensível do sistema em estudo. Este procedimento pode ser conduzido separando os fatores nos grupos de causa e efeito. De acordo com esta funcionalidade, o DEMATEL é um método significativamente útil e adequado para

examinar as relações interdependentes entre os fatores de um sistema complexo (Si, You, Liu, & Zhang, 2018). A este respeito, os fatores identificados podem ser classificados e as prioridades obtidas podem ser ainda utilizadas para a tomada de decisões estratégicas a longo prazo e para planos de melhoria correspondentes. Por outras palavras, o DEMATEL não tem a capacidade de resolver quaisquer problemas de tomada de decisão, podendo apenas avaliar a dependência dos fatores de causa e efeito.

Para a sua aplicação prática, a formulação desta técnica prevê que devem ser seguidos cinco passos: (1) definir a escala de avaliação; (2) estabelecer a matriz inicial de relação direta do grupo (matriz  $Z$ ), de modo a avaliar a influência que os fatores têm uns nos outros; (3) calcular a matriz normalizada de relação direta (matriz  $X$ ), que está dependente da matriz  $Z$ ; (4) derivar a matriz de relação total (matriz  $T$ ), que, estando a matriz  $X$  estabelecida, soma todos os efeitos diretos e indiretos e identifica a matriz identidade; e (5) produzir o diagrama de causa-efeito/mapa de influência de relação (IRM) que, através de esquemas matemáticos, fornece informações valiosas para a tomada de decisão (Gabus & Fontela, 1972; Tzeng, Chiang, & Li, 2007).

Na primeira etapa (*i.e.*, definir a escala de avaliação), para avaliar as relações entre  $n$  fatores ( $F$ ), supondo que  $l$  é o grupo ( $E$ ) de decisores, é possível indicar a influência que o fator  $F_i$  tem no fator  $F_j$ , usando uma escala que varia entre 0 (*i.e.*, não influencia), 1 (*i.e.*, baixa influência), 2 (*i.e.*, influência média), 3 (*i.e.*, alta influência) e 4 (*i.e.*, influência muito elevada).

Na segunda etapa (*i.e.*, estabelecer a matriz  $Z$ ), cada especialista vai produzir uma matriz direta de  $n \times n$ . Cada valor na matriz representa o tamanho de influência interativa entre os fatores. Quando  $i = j$ , os valores diagonais na matriz são definidos como 0. Supondo que  $l$  é o número de especialistas que participaram no estudo, a matriz  $Z$  ( $Z = [z_{ij}] n \times n$ ) é derivada pela média dos mesmos fatores nas diferentes matrizes diretas dos especialistas, segundo a seguinte equação (1):

$$Z_{ij} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l z_{ij}^k, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Na terceira etapa, quando a matriz  $Z$  é estabelecida, a matriz  $X$  ( $X = [x_{ij}] n \times n$ ), onde todos os elementos variam entre 0 e 1, pode ser alcançada através das fórmulas (2) e (3):

$$X = \frac{Z}{s'} \quad (2)$$

$$s = \max \left( \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij} \right) \quad (3)$$

Na quarta etapa, utilizando a matriz  $X$ , a matriz  $T$  ( $T = [tij]$   $n \times n$ ) é então calculada, somando o valor dos efeitos diretos e dos efeitos indiretos, sendo que  $I$  é denotado como uma matriz de identidade, conforme a equação (4):

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^h = X(I - X)^{-1}, \text{ quando } h \rightarrow \infty \quad (4)$$

Ainda nesta etapa, os vetores  $R$  e  $C$  representam a soma das linhas e das colunas da matriz  $T$ , que são definidas pelas fórmulas (5) e (6), sendo que  $r_i$  é o  $i^{th}$  soma de linhas na matriz  $T$  e mostra a soma dos efeitos diretos e indiretos enviados pelo fator  $F_i$  para os outros fatores. Da mesma forma,  $c_j$  é a  $j^{th}$  soma da coluna na matriz  $T$  e descreve a soma dos efeitos diretos e indiretos do fator  $F_j$  que recebe dos outros fatores.

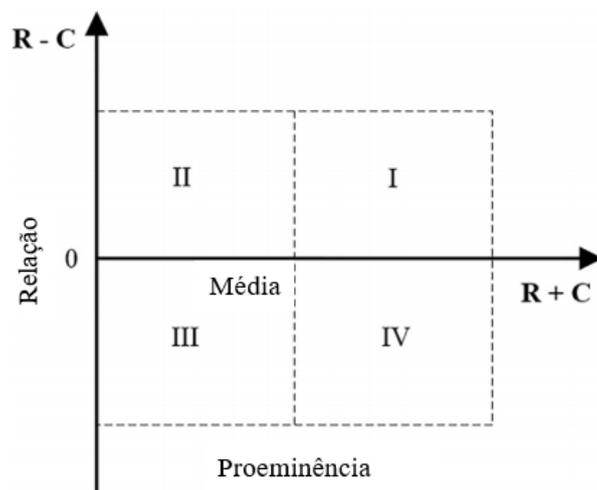
$$R = [r_i]_{nx1} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{nx1} \quad (5)$$

$$C = [c_i]_{1xn} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{1xn}^T \quad (6)$$

Na quinta e última etapa, antes da construção do diagrama, deve ser definido um valor de limite ( $\alpha$ ), com o objetivo de eliminar alguns elementos de efeitos com pouca importância na matriz  $T$  (Yang, Shieh, Leu, & Tzeng, 2008). O valor de limite ( $\alpha$ ) é calculado através da média dos elementos da matriz  $T$ , conforme a seguinte equação e onde  $N$  corresponde ao número total de elementos na matriz  $T$ :

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}]}{N} \quad (7)$$

A construção de um diagrama de causa-efeito ou IRM, exemplificado na *Figura 3.4*, é possível através do mapeamento do conjunto de dados ( $R+C$  e  $R-C$ ), sendo que o eixo horizontal ( $R+C$ ) é denominado de “proeminência” e o eixo vertical ( $R-C$ ) é denominado de “relação”. Para além disto, quando  $R_i+C_i$  fornece um índice de intensidade das influências, percebe-se qual o papel que  $i$  desempenha no problema em estudo. Se  $R_i-C_i$  for positivo,  $i$  influencia os outros fatores; se  $R_i-C_i$  for negativo,  $i$  é influenciado pelos outros fatores (Tzeng *et al.*, 2007).



**Figura 3.4: Quadrantes do Diagrama de Causa-Efeito (IRM)**

*Fonte: Si et al. (2018, p. 11).*

O diagrama de causa-efeito ou IRM divide-se em quatro quadrantes (Si *et al.*, 2018). No *quadrante I* encontram-se os fatores nucleares, uma vez que têm alta proeminência e relação. No *quadrante II* estão os fatores de condução autónoma, pois têm baixa proeminência, mas alta relação. No *quadrante III* encontram-se os fatores independentes, visto que têm baixa proeminência e relação. Por fim, no *quadrante IV* estão os fatores de impacto, que têm alta proeminência, mas baixa relação. Através deste quadro, “*decision makers can visually detect the complex causal relationships among factors and further spotlight valuable insights for decision making*” (Si *et al.*, 2018, p. 11).

De acordo com Si *et al.* (2018), o método DEMATEL pode ser utilizado para avaliar problemas adjacentes à tomada de decisão. Para além disto, os mesmos autores consideram que esta metodologia também pode ser aplicada, em conjunto ou não com outros métodos, nas seguintes situações: (1) identificação de interdependências entre as dimensões ou perspetivas; (2) cálculo de pesos dos critérios de avaliação; e (3) definição dos fatores críticos ou critérios através de análise das relações de interdependência. O ponto seguinte irá expor as vantagens e limitações inerentes ao método DEMATEL.

### **3.2.2. Vantagens e Limitações**

Qualquer que seja a abordagem utilizada num determinado estudo, é sempre de esperar que existam vantagens e desvantagens relativas a essa mesma abordagem. A técnica DEMATEL

surge como um método que examina com êxito os efeitos mútuos, quer como influências diretas ou indiretas, entre diferentes fatores, algo que, posteriormente, proporciona uma melhor compreensão das causas e dos efeitos num determinado problema de tomada de decisão. Esta técnica pode facilmente fornecer uma imagem geral das inter-relações entre os fatores identificados, utilizando um mapa de relação influente e ajudando os decisores a compreender melhor a influência dos fatores uns nos outros. Isto, por sua vez, pode ser utilizado para classificar as/os alternativas/critérios, bem como para reconhecer os fatores críticos do sistema.

Não obstante as capacidades e as vantagens da técnica DEMATEL, esta não deixa de apresentar algumas limitações. Por um lado, esta técnica não tem a capacidade de resolver problemas de tomada de decisão, podendo apenas avaliar a dependência dos fatores de causa e efeito. Por outro lado, a técnica aplica-se a sistemas com número controlável de fatores. Com o desenvolvimento da sociedade e da economia, os problemas de análise de fatores a resolver com a técnica DEMATEL tornam-se, por isso, mais complicados. É cada vez mais importante estudar como resolver os problemas de análise de fatores em sistemas complexos. Tal como todas as abordagens construtivas e de modelização do pensamento, a abordagem DEMATEL pretende conceptualizar a realidade em análise no sentido de simplificar a compreensão do problema em questão, sendo pertinente analisar e prever possíveis contributos para a análise dos benefícios da digitalização urbana.

### ***3.2.3. Contributos para a Análise dos Benefícios da Digitalização Urbana***

Como foi possível verificar no capítulo anterior, a digitalização nos meios urbanos necessita de se materializar na implementação de tecnologias digitais associadas à inovação integrada numa visão estratégica e envolvendo toda a cidade. Para que isso seja possível deve, *à priori*, ter em conta a própria evolução da transformação digital e das cidades, não descurando o urbanismo.

Segundo Caragliu e Del Bo (2012), as cidades que procuram desenvolver componentes *smart* tendem a ter um melhor desempenho do que aquelas que não desenvolvem essas componentes. Assim, quanto maior for o seu desenvolvimento, maior será o seu retorno económico e a sua *smartness* urbana. Desta forma, a criação de instrumentos que mensurem os esforços feitos pelas cidades, no sentido de se tornarem mais desenvolvidas e *smart*, ganha real expressão (Kourtiti *et al.*, 2012; Carli *et al.*, 2013; Mattoni *et al.*, 2015). Neste sentido, a utilização de técnicas multicritério poderá proporcionar uma maior e melhor oferta de soluções na análise dos determinantes da digitalização urbana, na medida em concilia numerosos

critérios, quer estes sejam objetivos ou subjetivos, quantitativos ou qualitativos, explorados através da troca de perspectivas e experiência de um grupo de decisores especializados na área.

Isto significa que uma cidade é composta por estruturas interligadas e complexas, sendo que a abordagem MCDA permite simplificar estes processos, promovendo a aprendizagem e a partilha de conhecimentos. Aplicando esta abordagem, os métodos utilizados serão mais realistas, interativos e racionais, visto que se trata de um processo evolutivo e propenso a novas oportunidades. Na prática, a análise multicritério proporciona a utilização de múltiplos critérios no processo da tomada de decisão de modo a solucionar um problema, integrando elementos objetivos e subjetivos sem que se tenha a ideia pré-concebida da procura do ótimo matemático.

A vertente construtivista, tendo em conta a complexidade dos problemas, permite a partilha e a discussão entre decisores. Esta abordagem torna-se pertinente na análise das distintas perspectivas de alternativas, propiciando a interação, a aprendizagem e a transparência de todo o processo que resulta em análises mais completas e pormenorizadas. Sendo um processo evolutivo, esta abordagem tende a ser informada e estruturada. Assim, a utilização da abordagem MCDA pode auxiliar o estudo desta temática na medida em que torna possível: (1) realizar análises de múltiplas alternativas através de múltiplos decisores; (2) absorver a opinião e a experiência profissional dos decisores no processo de análise dos determinantes da digitalização urbana; (3) partilhar informação e solucionar os conflitos entre os intervenientes envolvidos; (4) substituir a procura de uma solução ótima por uma solução de compromisso aceite por todos os envolvidos; e (5) construir um modelo adaptado à problemática em análise e que não pré-exista.

Outro contributo essencial ao estudo da digitalização nos meios urbanos reside no facto desta metodologia permitir a identificação da possível interdependência entre os elementos de um determinado sistema e, conseqüentemente, das relações causais e da influência entre os elementos através dos seus *outputs* (Wu & Chang, 2015). Para além disso, a técnica DEMATEL permite uma maior compreensão dos dados recolhidos e, conseqüentemente, uma análise mais clara dos resultados obtidos através das matrizes calculadas. Deste modo, tal como referido anteriormente, o processo da tomada de decisão é facilitado, na medida em que o decisor tem uma melhor perceção dos fatores que se influenciam de forma mútua. Em suma, parece evidente a necessidade de estudos que reportem análises dinâmica das variáveis e, por esse motivo, a técnica DEMATEL é inserida na presente dissertação devido não só à eficácia e à transparência dos seus resultados, mas também ao facto de desempenhar um papel crucial no que diz respeito a colmatar as limitações metodológicas observadas na *Tabela 2.1* e no *ponto 2.4* da presente dissertação. Assim, a metodologia apresentada contribuirá para uma maior transparência dos

resultados e, simultaneamente, para um modelo de análise das dinâmicas das relações de causalidade entre os critérios subjacentes à análise da digitalização nos meios urbanos.

### SINOPSE DO CAPÍTULO 3

Durante a revisão da literatura da temática em análise (*i.e.*, *Capítulo 2*), parece ter ficado evidente a crescente importância da digitalização nos meios urbanos e, tendo em conta as limitações gerais encontradas, afigura-se um espaço de oportunidade para a integração e aplicação do mapeamento cognitivo com o método DEMATEL, no sentido de perceber quais os fatores de causa e efeito que influenciam a digitalização nos meios urbanos. Como tal, o objetivo do *Capítulo 3* passou por realizar um enquadramento das metodologias a ser aplicadas ao longo da presente dissertação. Nesta lógica, o terceiro capítulo começou por abordar as questões relacionadas com os *Problem Structuring Methods*, que são uma família de métodos desenvolvidos para apoiar o processo de tomada de decisão, permitindo que as partes interessadas compreendam os problemas e se comprometam com uma ação. Através do enquadramento feito aos PSMs, foi dado o mote para o enquadramento construtivista das metodologias de análise utilizadas, que será feito através de abordagens participatórias e de mapas cognitivos. Ambos se complementam, já que a importância do envolvimento direto dos envolvidos faz parte da lógica construtivista em que os mapas cognitivos são baseados. Os mapas cognitivos são desenvolvidos através de técnicas que são utilizadas para identificar convicções subjetivas e retratar essas mesmas convicções externamente, contribuindo para a análise dos benefícios da digitalização urbana. Isto é possível porque a densidade populacional nas cidades tem vindo a aumentar consideravelmente e porque uma cidade inteligente necessita de um painel de indicadores de desempenho para medir a sua inteligência e, eventualmente, realizar as ações necessárias para impulsionar as suas características (Carli *et al.*, 2013). Com base na análise dos conceitos presentes no modelo, associada ao mapeamento cognitivo e inerente à existência de uma estrutura flexível capaz de receber e integrar novas informações de modo transparente, procedeu-se à apresentação da técnica DEMATEL. Com efeito, a integração destas duas abordagens surge como um fator essencial para solidificar a estruturação de problemas e processos, passando esta a ser mais informada e fundamentada. O próximo capítulo (*i.e.*, *Capítulo 4*) tratará de questões empíricas relacionadas com a estruturação do problema, assim como de possíveis recomendações e demais procedimentos a efetuar, no sentido de analisar o grau de consistência do modelo e as implicações práticas da sua aplicação na digitalização dos meios urbanos.

O capítulo que se segue pretende evidenciar as etapas da vertente empírica da presente dissertação, no que toca à estruturação do problema de decisão relativo à temática dos benefícios da digitalização urbana. Numa primeira fase, será realizada uma breve exposição da abordagem inerente à definição do problema e à composição do painel de decisores que contribuiu, ativamente, para o processo de desenvolvimento do estudo. Neste sentido, serão abordados os passos do processo de apoio à tomada de decisão no âmbito dos problemas complexos de decisão, bem como percorridas as fases de definição-estruturação e avaliação do problema. A fase de estruturação inicia-se com uma questão de partida, a partir da qual o painel de decisores vai conseguir identificar os critérios e os determinantes que compõem o modelo apresentado sobre os benefícios da digitalização urbana. É então possível construir um mapa cognitivo de base, que servirá de base à perceção global do problema em questão. Após esta fase, entraremos na fase de avaliação do problema, onde, através da aplicação da técnica DEMATEL e do preenchimento das matrizes associadas, será possível perceber as relações de causa-efeito entre os critérios. Por conseguinte, o presente capítulo elucida para a aplicabilidade da utilização das técnicas de mapeamento cognitivo no âmbito de uma análise dinâmica que servirá de base, posteriormente, para as reflexões a apresentar.

#### 4.1. Estrutura Cognitiva de Base

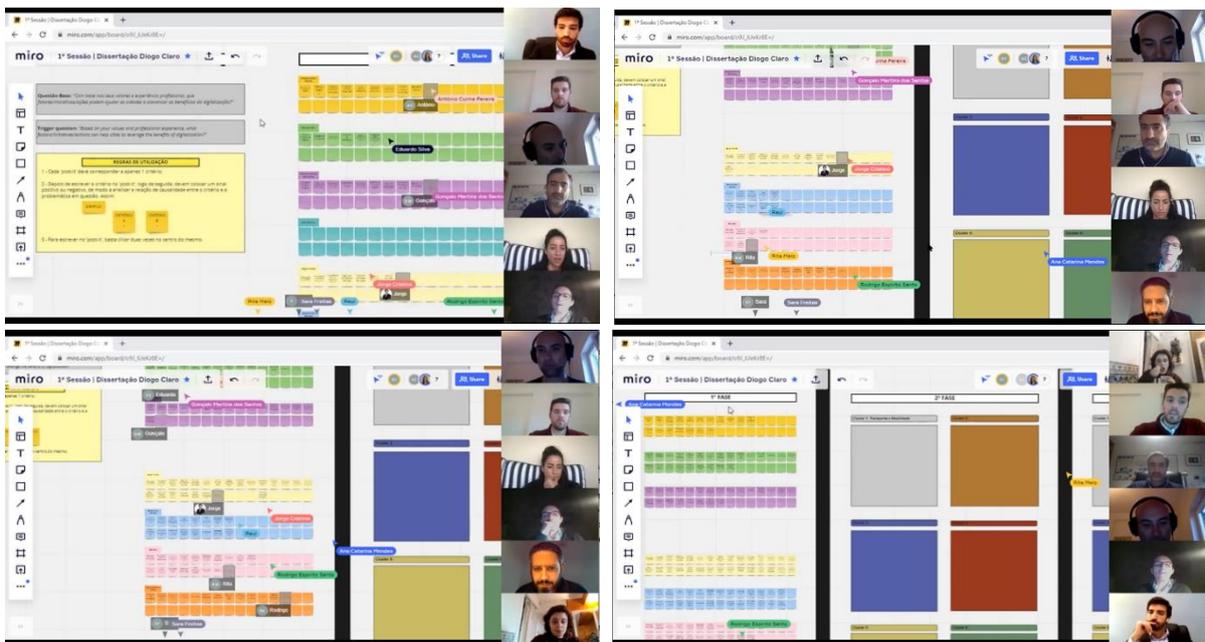
Como referido anteriormente, o processo de tomada de decisão requer a passagem por várias etapas, sendo elas: (1) *fase de estruturação*, em que, com recurso a especialistas, se pretende desenvolver uma estrutura partilhada de decisão, numa lógica construtivista de partilha e de aprendizagem; (2) *fase de avaliação*, que pretende materializar as preferências dos decisores através da construção de um modelo de avaliação; e (3) *fase de recomendações*, que afere acerca da aplicabilidade do modelo construído, bem como da formulação de recomendações. Tendo em conta a literatura existente (*cf.* Ferreira *et al.*, 2011b), a constituição do painel de decisores deve ser considerada perante alguns princípios fundamentais (*e.g.*, heterogeneidade de funções

e hierarquia e diversidade de instituições), de modo a obter diferentes pontos de vista sobre a realidade em estudo.

Na presente dissertação, foram sentidas algumas dificuldades na constituição do painel de especialistas, em grande parte devido à incompatibilidade de agendas para a realização das duas sessões pretendidas. Ultrapassadas estas adversidades, formou-se um grupo de oito especialistas na área da digitalização nos meios urbanos (*i.e.*, um técnico especialista do Gabinete do Ministro do Ambiente e Ação Climática, o CEO da Ecoinside, um coordenador de transição digital na Portugal Digital, uma engenheira de energia e ambiente da Lisboa E-Nova, um gestor de projetos da Lisboa E-Nova, um chefe de desenvolvimento de negócios em *smart cities* da Deloitte, uma gestora de projetos da InoCrowd e, ainda, um vogal do conselho de administração da EDM, S.A.). Apesar das dificuldades a nível logístico e de conciliação de disponibilidades entre os vários membros do painel para a realização das duas sessões de trabalho em grupo, foi possível contar com os seus conhecimentos e experiência profissional nas duas sessões de trabalho. Para tal, foram estabelecidos diversos contactos nos meses de dezembro de 2020 e janeiro de 2021, tendo a primeira sessão sido realizada no mês de fevereiro de 2021, enquanto que a segunda sessão foi realizada em março de 2021.

De forma a iniciar a fase de estruturação do modelo, foram realizadas duas sessões de grupo, com a duração aproximada de três horas e meia cada, que decorreram através da plataforma *Zoom* devido à contingência de obrigação de confinamento nacional em virtude da pandemia mundial COVID-19. Na primeira sessão, teve lugar, primeiramente, uma breve apresentação de cada um dos membros do painel de decisores, à qual se seguiu uma breve contextualização dos trabalhos e um breve enquadramento metodológico dos procedimentos a adotar. De seguida, através do recurso à plataforma *online MIRO* (<http://www.miro.com>), foi lançada a seguinte questão de partida (*i.e.*, *trigger question*): “Com base nos seus valores e experiência profissional, que fatores/iniciativas/ações podem ajudar as cidades a alavancar os benefícios da digitalização?”, que conferiu o foco para o debate em grupo e permitiu que a “técnica dos *post-its*” fosse aplicada (Eden & Ackermann, 2004). Na prática, o princípio basilar da técnica dos *post-its* consistiu em escrever o que os membros do painel de decisores consideram como critérios importantes para a digitalização nos meios urbanos em *post-its* (*i.e.*, um critério por *post-it*) (Eden & Ackermann, 2004). Estes *post-its* foram assinalados com um sinal de menos (–) cada vez que existisse uma relação de casualidade negativa (*i.e.*, sempre que um critério fornecido influenciasse negativamente a digitalização urbana) (Martins *et al.*, 2015). Através do debate constante entre os especialistas, este processo repetiu-se até o grupo revelar satisfação generalizada com o número e significado dos critérios identificados.

Este processo foi realizado durante um período controlado (*i.e.*, aproximadamente 1 hora) e consolidado pela partilha de valores e de experiências entre os decisores, dando origem a um conjunto de 188 critérios diferentes. A segunda fase do processo consistiu em organizar os *post-its* fornecidos pelo painel de decisores por *áreas de preocupação* (*i.e.*, *clusters*), tendo sido identificadas seis áreas: (1) *Governance*; (2) *Tecnologia*; (3) *Sociedade*; (4) *Ambiente, Energia e Clima*; (5) *Economia e Finanças*; e (6) *Transportes e Mobilidade*. Na terceira e última etapa do processo de estruturação, cada *cluster* foi analisado separadamente e os *post-its* foram reorganizados de acordo com a sua importância relativa, tendo sido colocados no topo do *cluster* os critérios de maior relevo para a digitalização nos meios urbanos e, na base, aqueles que apresentavam menor importância. A *Figura 4.1* expõe alguns dos momentos da primeira sessão, de modo a compreender as dinâmicas inerentes aos processos de diálogo e de negociação entre os membros do painel de especialistas.



**Figura 4.1: Aplicação da “Técnica dos *Post-its*”**

Tendo em consideração toda a informação recolhida no final desta primeira sessão, procedeu-se à construção de um mapa cognitivo de grupo com recurso ao *software Decision Explorer* (<http://www.banxia.com>), que serviu como uma ferramenta metacognitiva para materializar a forma como tinha sido estruturado o problema em estudo. Este mapa serviu de mote para a segunda sessão, onde, posteriormente, foram discutidos e validados os resultados por parte dos membros do painel de decisores. A *Figura 4.2* apresenta a versão final do mapa.



A *Figura 4.2* espelha, de forma gráfica, os critérios alcançados e sistematizados no final da primeira sessão, como resposta à *trigger question* fornecida com base nos valores e experiências dos membros do painel de decisores. Tal como Ferreira & Meidutė-Kavaliauskienė (2019) sustentam, este tipo de informações precisas e confiáveis podem aumentar a eficiência da problemática em análise, tornando o processo de tomada de decisão mais lógico e realista. A elaboração deste mapa cognitivo surge como um instrumento destinado a criar informações consolidadas sobre o problema de decisão em estudo, de modo a sustentar reflexões futuras sobre as tendências e a evolução da digitalização nos meios urbanos.

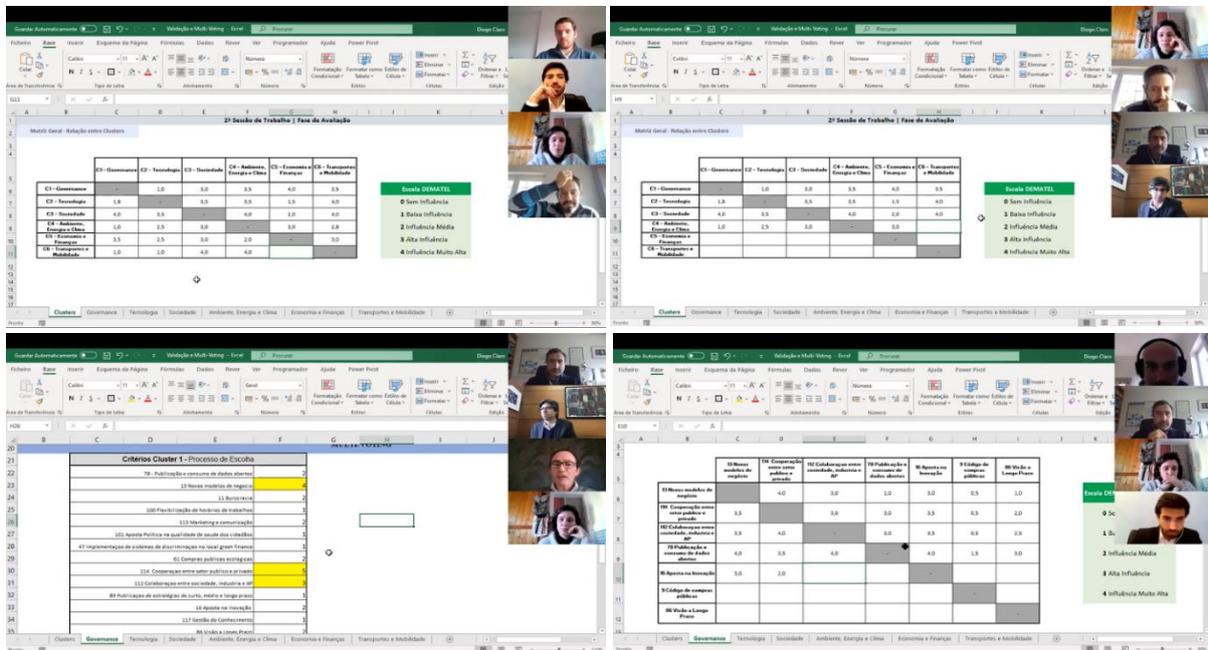
#### **4.2. Análise dos Benefícios da Digitalização Urbana**

O mapa cognitivo elaborado na *fase de estruturação* alavancou a segunda sessão de grupo, prosseguindo-se então com a *fase de avaliação*, que tem um papel preponderante para a construção do modelo de avaliação, permitindo fazer uma análise mais detalhada dos benefícios da digitalização urbana. À semelhança da sessão anterior, esta fase decorreu de forma *online* e estiveram presentes sete dos oito decisores da primeira sessão, sem prejuízo para o decorrer dos trabalhos (Belton & Stewart, 2002). Deste modo, foram garantidas as condições essenciais para a continuidade do estudo (*i.e.*, ter um painel com 5 a 12 elementos), não comprometendo assim a validade dos resultados obtidos. Esta sessão teve, aproximadamente, a mesma duração da sessão anterior (*i.e.*, cerca de três horas e meia) e focou-se na validação do mapa cognitivo de grupo e na aplicação da técnica DEMATEL. Importa salientar que, através desta técnica, é possível não só obter uma visão intrínseca do problema complexo em estudo como, também, “[...] *quantitatively extract the interrelationship between multiple factors that were contained in the problem*” (Dey, Kumar, Ray, & Pradhan, 2012, p. 2112). Assim, verifica-se que esta abordagem viabiliza a análise das relações causais estabelecidas entre as variáveis em causa.

De seguida, foi realizada uma explicação sucinta sobre a técnica a utilizar e iniciou-se a primeira etapa da aplicação da técnica DEMATEL. Este processo começou com o cálculo da *initial direct relation matrix* (*i.e.*, preenchimento da matriz relativa aos *clusters*), em que se pediu ao painel de decisores que apresentassem uma pontuação de 0 a 4 (*i.e.*, 0 representa “nenhuma influência” e 4 “influência máxima”) para cada relação causal entre os *clusters* identificados na primeira sessão (Kaya & Yet, 2019). Assim, começámos por averiguar a influência presente entre os diferentes *clusters*, tendo sempre havido interação com e entre os

membros do painel, algo que revelou não só a heterogeneidade das suas áreas profissionais como, também, o sentido de oportunidade de cada decisor para reter novas aprendizagens.

Numa fase posterior, foram criadas matrizes de influência entre os critérios escolhidos dentro de cada *cluster*. Para a seleção destes critérios, foram aplicadas técnicas nominais de grupo e *multivoting*. A *Figura 4.3* apresenta alguns dos momentos da segunda sessão com o painel de decisores, nos quais se pode observar não só a validação do mapa cognitivo como, também, o processo de preenchimento das matrizes com recurso à técnica DEMATEL. Esta técnica, segundo Yang *et al.* (2008), compreende quatro diferentes etapas para o cálculo das matrizes de cada critério e respetivos *clusters*, que serão devidamente discriminadas neste ponto. A *Tabela 4.1* demonstra os *clusters* obtidos.



**Figura 4.3: Preenchimento das Matrizes de Influência**

**Tabela 4.1: Identificação dos *Clusters* Escolhidos**

<i>CLUSTERS</i>	
C1	<i>Governance</i>
C2	Tecnologia
C3	Sociedade
C4	Ambiente, Energia e Clima
C5	Economia e Finanças
C6	Transportes e Mobilidade

Como referido no capítulo anterior, o primeiro passo da técnica DEMATEL consiste no cálculo da *average matrix* (matriz Z). Esta matriz evidencia a influência existente entre os diferentes *clusters* (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2: Initial Direct Relation Matrix – Clusters**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	SUM
C1	0.0	1.0	3.0	3.5	4.0	3.5	15.0
C2	1.8	0.0	3.5	3.5	1.5	4.0	14.3
C3	4.0	3.5	0.0	4.0	2.0	4.0	17.5
C4	1.0	2.5	3.0	0.0	3.0	2.8	12.3
C5	3.5	2.5	3.0	2.0	0.0	3.0	14.0
C6	1.0	1.0	4.0	4.0	3.0	0.0	13.0
SUM	11.3	10.5	16.5	17.0	13.5	17.3	

O segundo passo desta técnica consiste em calcular a matriz *D*, *normalized direct-relation matrix*. Foi depois calculado o somatório das linhas e das colunas da *average matrix*, que pode ser visível na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3: Cálculo do Somatório das Linhas e Colunas da Average Matrix**

Max	17.3	17.5
1/max	0.057803	0.057143
1/s	<b>0.057142857</b>	

Após estes cálculos, procedeu-se à multiplicação da *average matrix* pelo inverso de  $\lambda$ . A Tabela 4.4 apresenta a matriz normalizada

**Tabela 4.4: Normalized Direct-Relation Matrix Clusters**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0.0000	0.0571	0.1714	0.2000	0.2286	0.2000
C2	0.1029	0.0000	0.2000	0.2000	0.0857	0.2286
C3	0.2286	0.2000	0.0000	0.2286	0.1143	0.2286
C4	0.0571	0.1429	0.1714	0.0000	0.1714	0.1600
C5	0.2000	0.1429	0.1714	0.1143	0.0000	0.1714
C6	0.0571	0.0571	0.2286	0.2286	0.1714	0.0000

Estando a matriz  $X$  calculada, o passo seguinte passou pela construção da matriz  $T$ . Numa fase inicial, importa construir a matriz de identidade (matriz  $I$ ). Esta matriz consiste na atribuição dos valores 0 e 1, sendo que o “0” aplica-se às interações entre *clusters* e o “1” às interações entre o mesmo *cluster*, conforme se pode ver na *Tabela 4.5*.

**Tabela 4.5: Matriz Identidade**

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

Identificada a matriz  $I$ , seguiu-se a subtração da matriz  $X$  para a obtenção da matriz  $I-X$ , conforme se verifica na *Tabela 4.6*.

**Tabela 4.6: Matriz  $I-X$**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1.0000	-0.0571	-0.1714	-0.2000	-0.2286	-0.2000
C2	-0.1029	1.0000	-0.2000	-0.2000	-0.0857	-0.2286
C3	-0.2286	-0.2000	1.0000	-0.2286	-0.1143	-0.2286
C4	-0.0571	-0.1429	-0.1714	1.0000	-0.1714	-0.1600
C5	-0.2000	-0.1429	-0.1714	-0.1143	1.0000	-0.1714
C6	-0.0571	-0.0571	-0.2286	-0.2286	-0.1714	1.0000

Obtida a matriz  $I-X$ , o próximo passo consiste no cálculo da matriz inversa desta (matriz  $I-X^{-1}$ ). A *Tabela 4.7* ilustra os valores alcançados através desta operação, enquanto a *Tabela 4.8* apresenta a matriz  $T$ .

**Tabela 4.7: Matriz Inversa  $I-X^{-1}$**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1.5306	0.5672	0.8870	0.9277	0.8178	0.9271
C2	0.5953	1.4898	0.8827	0.9072	0.6784	0.9228
C3	0.7838	0.7437	1.8478	1.0635	0.8180	1.0595
C4	0.5077	0.5599	0.7755	1.6467	0.6695	0.7850
C5	0.6748	0.6068	0.8541	0.8343	1.5971	0.8762
C6	0.5324	0.5195	0.8472	0.8674	0.6993	1.6775

**Tabela 4.8: Matriz de Relação Total (Matriz  $T$ )**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	R
C1	0.5306	0.5672	0.887	0.9277	0.8178	0.9271	4.6574
C2	0.5953	0.4898	0.8827	0.9072	0.6784	0.9228	4.4762
C3	0.7838	0.7437	0.8478	1.0635	0.818	1.0595	5.3162
C4	0.5077	0.5599	0.7755	0.6467	0.6695	0.785	3.9444
C5	0.6748	0.6068	0.8541	0.8343	0.5971	0.8762	4.4434
C6	0.5324	0.5195	0.8472	0.8674	0.6993	0.6775	4.1432
C	3.6245	3.4869	5.0943	5.2469	4.2801	5.2481	

Calculada a matriz  $T$ , foi definido um valor de limite ( $\alpha$ ) com o objetivo de perceber quais são as relações de impacto que têm relevância na matriz. Este valor de limite ( $\alpha$ ) é calculado através da média dos elementos da matriz  $T$ , sendo que o valor alcançado foi  $\alpha = 0.7495$ . Ou seja, todos os valores acima de  $\alpha$  estão sombreados a verde na *Tabela 4.8*, revelando serem os valores com maior importância na matriz  $T$ . Para além da definição do valor de limite, também foi necessário calcular os vetores  $R$  e  $C$ , que representam a soma das linhas e das colunas da matriz  $T$ . Através do cálculo destes vetores, é possível aferir que o  $R$  significa a influência que um fator exerce sobre os outros, enquanto que o  $C$  significa que os restantes fatores exercem influência sobre esse fator. Para a construção de um diagrama de causa-efeito, foi necessário calcular  $R+C$  e  $R-C$  (ver *Tabela 4.9*)

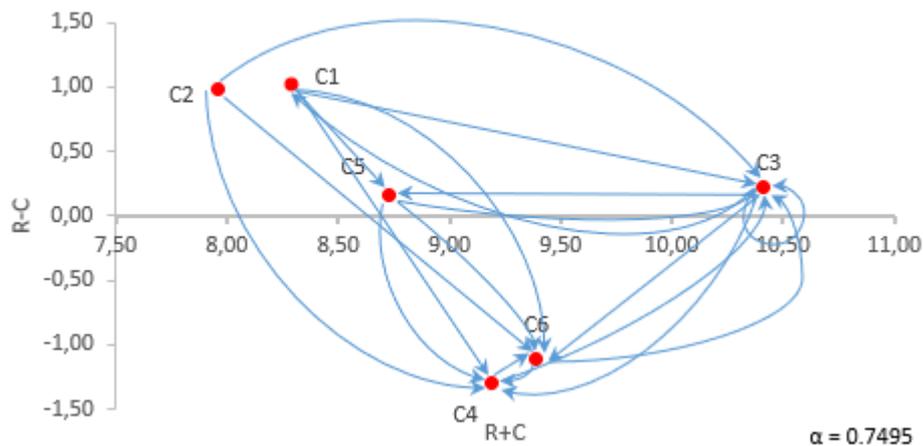
**Tabela 4.9: Interações entre Clusters**

	R	C	R+C	R-C
C1	4.6574	3.6245	8.2820	1.0329
C2	4.4762	3.4869	7.9631	0.9893
C3	5.3162	5.0943	10.4106	0.2219
C4	3.9444	5.2469	9.1913	-1.3024
C5	4.4434	4.2801	8.7235	0.1632
C6	4.1432	5.2481	9.3913	-1.1049

O cálculo do  $R+C$  permite aferir a combinação entre a influência que um fator tem nos outros. O cálculo do  $R-C$  permite perceber duas coisas: (1) se o valor for positivo, o fator tem mais influência nos outros fatores do que os outros têm em si; e (2) se o valor for negativo, a influência que os outros fatores exercem sobre ele é maior do que a que ele exerce sobre os demais. A construção do diagrama de causa-efeito DEMATEL (ver *Figura 4.4*) ilustra a

distribuição dos *clusters* nos quatro quadrantes, sendo que no eixo do  $x$  se encontra o  $R+C$  e no eixo do  $y$  se encontra o  $R-C$ . Através destes eixos, os *clusters* distribuem-se pelo diagrama tendo em conta a sua proeminência e relação.

Avaliando pelos valores de  $C$ , conclui-se que o *cluster 4 – Ambiente, Energia e Clima* – é o mais influenciado por todos os outros *clusters* e exerce grande influência nos restantes *clusters*, apenas ultrapassado pelo *cluster 6 – Transportes e Mobilidade*. No que toca à variável  $R$ , é o *cluster 3* aquele que mais influência tem no modelo, com um valor igual a 5.3162.



**Figura 4.4: Interações entre Clusters**

Recorrendo aos valores da *Tabela 4.9*, foi elaborado um diagrama *Impact-Relation Map* (IRM) (*Figura 4.4*), que revela a distribuição dos seis *clusters* pelos devidos eixos e expõe as interações entre os mesmos. Assim, é também possível observar que  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$  e  $C5$  (*i.e.*, *Governance*; *Tecnologia*; *Sociedade*; e *Economia e Finanças*, respetivamente) são fatores de causa, enquanto  $C4$  e  $C6$  (*i.e.*, *Ambiente, Energia e Clima*; e *Transportes e Mobilidade*, respetivamente) são fatores de efeito.

Depois da análise das relações de causa-efeito entre os seis *clusters* deste estudo, analisaram-se, também, as interações dentro de cada *cluster*. Foram realizadas as mesmas etapas apresentadas na análise anterior. Porém, de modo a tornar mais fácil a compreensão, apenas são apresentados os subcritérios (SC) escolhidos pelos especialistas, os cálculos dos vetores ( $R+C$ ) e ( $R-C$ ) e, por fim, o respetivo IRM. Importa ainda salientar que todos os cálculos intermédios realizados anteriormente aplicam-se também na análise individual dos *clusters*, estando as respetivas tabelas e matrizes anexadas em *Apêndice*.

Em primeiro lugar, foram escolhidos os subcritérios mais importantes no *cluster Governance* (*Tabela 4.10*). Seguidamente, foram analisadas as influências que os subcritérios

tinham entre si, originando a *initial direct relation matrix* (Tabela 4.11) (*i.e.*, primeiro passo da técnica DEMATEL).

**Tabela 4.10: Identificação dos Critérios Escolhidos – Cluster Governance**

Critérios Escolhidos	
SC13	Novos modelos de negócio
SC114	Cooperação entre sector público e privado
SC112	Colaboração entre sociedade, indústria e AP
SC78	Publicação e consumo de dados abertos
SC16	Aposta na inovação
SC9	Código de compras públicas
SC86	Visão a longo prazo

**Tabela 4.11: Initial Direct Relation Matrix – Cluster Governance**

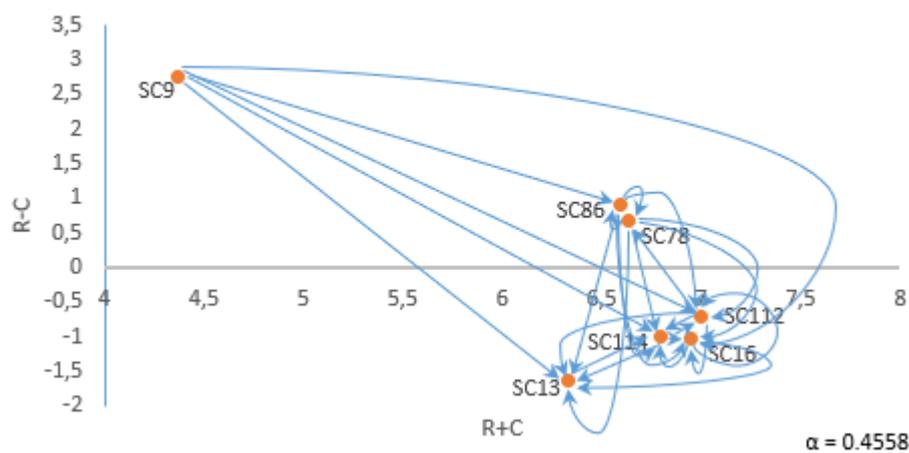
	SC13	SC114	SC112	SC78	SC16	SC9	SC86	SUM
SC13	0.0	4.0	3.0	1.0	3.0	0.5	1.0	12.5
SC114	3.5	0.0	3.0	3.0	3.5	0.5	2.0	15.5
SC112	3.5	4.0	0.0	3.0	3.5	0.5	2.5	17.0
SC78	4.0	3.5	4.0	0.0	4.0	1.5	3.0	20.0
SC16	3.0	2.0	3.5	3.0	0.0	0.5	3.5	15.5
SC9	4.0	4.0	3.5	0.5	4.0	0.0	3.5	19.5
SC86	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	0.5	0.0	20.5
SUM	22.0	21.5	21.0	14.5	22.0	4.0	15.5	

Após serem identificados os SCs mais relevantes no *CI*, foram realizados os passos acima descritos, obtendo-se então a normalização da matriz. De seguida, e tendo sido calculadas as três matrizes necessárias (*i.e.*,  $I$ ,  $I-D$  e  $I-D^{-1}$ ), a matriz  $T$  possibilita a identificação de quais os critérios realmente significativos para o estudo, assim como quais aqueles que não possuem relevância suficiente. Tendo em conta que  $\alpha = 0.4558$ , foi possível averiguar quais os critérios com relevância significativa no *cluster*, assinalando-os com a cor verde. Posto isto, após estarem calculadas as variáveis  $R$  e  $C$ , foi obtida a Tabela 4.12, que revela as operações de soma e subtração entre estas duas componentes. Esta matriz é essencial para a construção do diagrama de causa-efeito, pois define a distribuição dos subcritérios conforme os seus valores. Como se pode observar ainda nesta matriz, os fatores efeito são os subcritérios 13, 16, 112 e 114, enquanto que os fatores causa são os subcritérios 9, 78 e 86. Com base nestes valores, surge o

diagrama referente ao IRM (*Figura 4.5*), no qual é possível observar a distribuição dos SC em estudo. Ainda no que diz respeito a esta análise, conclui-se que, dados os valores de *R* e *C*, o subcritério que se destaca como aquele que mais relevância tem é o SC112, com o valor mais alto de *R+C* (*i.e.*, 6.9998), sendo, simultaneamente, aquele que se encontra mais à direita na *Figura 4.5*. Paralelamente, o SC9 está situado mais à esquerda do mapa de impacto, tendo o valor de *R+C* mais baixo, com um valor de 4.3665 e, conseqüentemente, sendo aquele cuja significância na análise é menor.

**Tabela 4.12: Interações entre Critérios – Cluster Governance**

	R	C	R+C	R-C
SC13	2.3473	3.9800	6.3273	-1.6326
SC114	2.9004	3.8995	6.7999	-0.9990
SC112	3.1514	3.8485	6.9998	-0.6971
SC78	3.6630	2.9747	6.6377	0.6882
SC16	2.9659	3.9800	6.9458	-1.0141
SC9	3.5602	0.8063	4.3665	2.7539
SC86	3.7451	2.8444	6.5895	0.9007



**Figura 4.5: Impact-Relation Map – Cluster Governance**

De seguida, foi analisado o *cluster 2 – Tecnologia* – para que pudessem ser estudadas as ligações entre os diversos critérios, bem como a influência que cada um exerce no estudo. Para este *cluster*, foram seleccionados os critérios expostos na *Tabela 4.13*. A *Tabela 4.14* evidencia os diferentes níveis de influência que o painel atribuiu aos subcritérios em estudo.

**Tabela 4.13: Identificação dos Critérios Escolhidos – Cluster Tecnologia**

Critérios Escolhidos	
SC34	Aumento de eficiência
SC55	Sustentabilidade
SC134	Implementação de <i>city services</i>
SC147	Organização dos repositórios de dados
SC163	Controlo da qualidade das ferramentas digitais
SC121	<i>Ciber security</i>
SC142	Dados abertos e partilhados

**Tabela 4.14: Initial Direct Relation Matrix – Cluster Tecnologia**

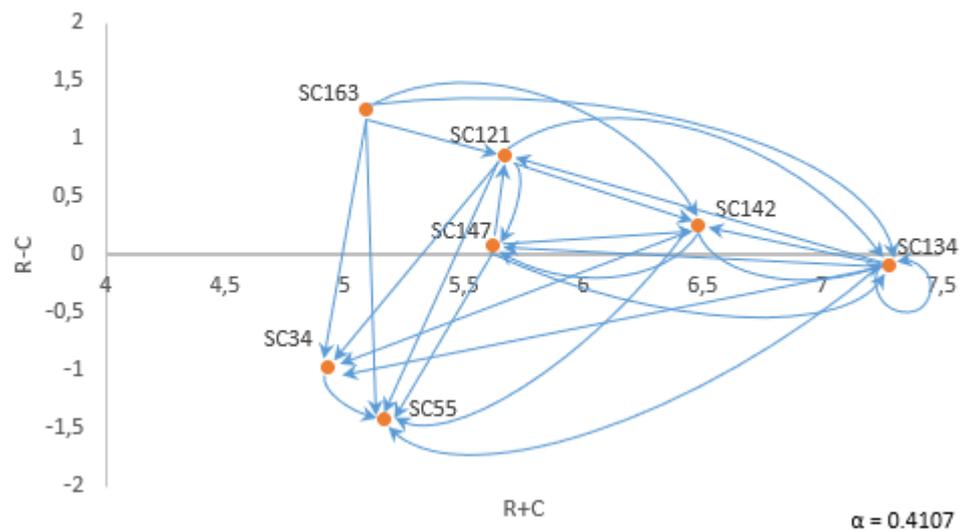
	SC34	SC55	SC134	SC147	SC163	SC121	SC142	SUM
SC34	0.0	4.0	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0	10.5
SC55	3.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	2.5	9.5
SC134	3.0	3.0	0.0	3.0	3.0	3.0	4.0	19.0
SC147	2.0	2.5	3.0	0.0	0.5	3.5	3.0	14.5
SC163	3.0	3.0	4.0	1.0	0.0	3.0	2.5	16.5
SC121	1.0	1.0	4.0	4.0	3.0	0.0	3.0	16.0
SC142	3.0	3.5	3.5	4.0	2.0	2.0	0.0	18.0
SUM	15.0	17.0	20.0	14.0	9.5	12.5	16.0	

Com o auxílio da matriz  $T$ , foram calculadas as interações entre os demais subcritérios presentes no estudo (Tabela 4.15) e, por conseguinte, foi possível averiguar o peso que cada um deles tem na análise. Ao analisar esta matriz, foi possível verificar que, conforme traduzem os valores de  $R$  e  $C$ , SC134 é o subcritério que exerce maior influência ( $R = 3.5974$ ), mas é também aquele que é mais influenciado pelos restantes subcritérios ( $C = 3.6860$ ). Posto isto, calculou-se o valor limite ( $\alpha = 0.4107$ ), para que fossem identificados na matriz  $T$  tanto os valores mais relevantes como aqueles cuja significância é menor. Como se pode ainda verificar, os subcritérios 121, 142, 147 e 163 são aqueles que detêm maior influência nos restantes, dado que os seus valores da diferença de  $R$  com  $C$  são superiores a zero. Importa ainda realçar que o valor mais elevado da soma destas duas variáveis (*i.e.*, 7.2834) pertence, mais uma vez, ao SC134 – implementação de *city services* – o que faz com que este subcritério seja aquele cuja relevância na análise é mais notória, quando comparada com as restantes. Consequentemente, aquando da análise do diagrama que diz respeito ao IRM (Figura 4.6), a sua posição é mais à direita. Por sua vez, o SC34 é o menos relevante neste estudo, uma vez que se situa mais à esquerda no mapa de impacto e apresenta o menor valor da soma de  $R$  e  $C$ . Em suma, a Figura

4.6 revela uma análise bastante densa do problema, dado que os sete subcritérios apresentados possuem vastas ligações entre si.

**Tabela 4.15: Interações entre Critérios – Cluster Tecnologia**

	R	C	R+C	R-C
SC34	1.9832	2.9474	4.9307	-0.9642
SC55	1.8761	3.2903	5.1664	-1.4142
SC134	3.5974	3.6860	7.2834	-0.0885
SC147	2.8539	2.7644	5.6183	0.0895
SC163	3.1772	1.9166	5.0938	1.2605
SC121	3.2654	2.4077	5.6730	0.8577
SC142	3.3704	3.1112	6.4816	0.2592



**Figura 4.6: Impact-Relation Map – Cluster Tecnologia**

O terceiro *cluster* definido corresponde ao C3 – *Sociedade*. À semelhança dos anteriores, os decisores escolheram os subcritérios que consideravam mais importantes para a análise. Estes estão expostos na *Tabela 4.16*. O limiar dos valores que serão incluídos no IRM corresponde a  $\alpha = 1.3816$ .

**Tabela 4.16: Identificação dos Critérios Escolhidos – Cluster Sociedade**

Critérios Escolhidos	
SC174	Proximidade e envolvimento do cidadão
SC166	Apoio à inclusão social
SC188	Literacia digital
SC167	Aumento populacional
SC172	Nível de escolaridade

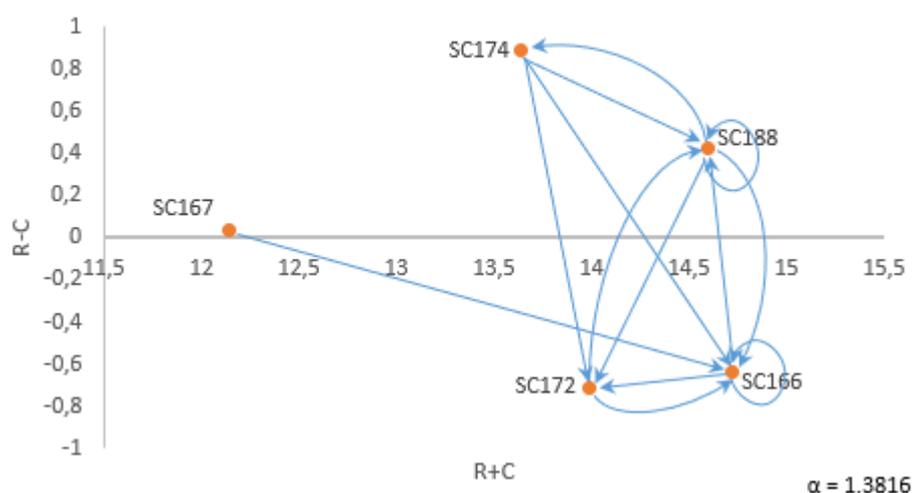
**Tabela 4.17: Initial Direct Relation Matrix – Cluster Sociedade**

	SC174	SC166	SC188	SC167	SC172	SUM
SC174	0.0	3.5	3.0	3.0	3.5	13.0
SC166	3.0	0.0	3.0	2.5	4.0	12.5
SC188	4.0	3.0	0.0	3.0	3.5	13.5
SC167	2.0	4.0	2.5	0.0	2.0	10.5
SC172	2.0	3.5	4.0	2.0	0.0	11.5
SUM	11.0	14.0	12.5	10.5	13.0	

**Tabela 4.18: Interações entre Critérios – Cluster Sociedade**

	R	C	R+C	R-C
SC174	7.2622	6.3705	13.6327	0.8917
SC166	7.0418	7.6785	14.7203	-0.6367
SC188	7.5117	7.0849	14.5966	0.4268
SC167	6.0887	6.0546	12.1433	0.0340
SC172	6.6354	7.3512	13.9866	-0.7159

Atendendo à Tabela 4.18, é possível verificar as relações existentes entre os subcritérios do cluster em análise. Ao analisar a coluna do somatório de *C*, verifica-se que o subcritério mais influenciado pelos restantes é o SC166 (*i.e.*, apoio à inclusão social) com um valor de 7.6785. Logo a seguir encontra-se o SC172 (*i.e.*, nível de escolaridade) influenciado em 7.3512 pelos outros subcritérios. Quanto ao somatório da coluna *R*, conclui-se que o subcritério SC188 (*i.e.*, literacia digital) assume uma influência maior sob os outros subcritérios ( $R = 7.5117$ ).



**Figura 4.7: Impact-Relation Map – Cluster Sociedade**

Relativamente à *Figura 4.7* (i.e., mapa de impacto), podemos concluir que a distribuição dos diferentes subcritérios observada espelha os valores de *R* e *C* apresentados anteriormente. Para além disso, é possível afirmar que o SC166 – apoio à inclusão social – possui o valor mais elevado da soma de *R* e *C* (i.e., 14.7203), pelo que, em conjunto com o facto de se situar o mais à direita da *Figura 4.7*, se considera o subcritério mais relevante na presente análise. Assim sendo, o SC167 é aquele cuja significância no estudo é menor, sendo que assume uma posição mais à esquerda no mapa de impacto e apresenta o valor mais baixo de *R* com *C* (i.e., 12.1433).

Seguindo para a análise ao *cluster 4 – Ambiente, Energia e Clima* –, esta seguiu os mesmos passos processuais. Os subcritérios escolhidos para análise constam na *Tabela 4.19*. Os graus de influência estabelecidos entre os critérios serão apresentados na *Tabela 4.20*.

**Tabela 4.19: Identificação dos Critérios Escolhidos – Cluster Ambiente, Energia e Clima**

Critérios Escolhidos	
SC43	Monitorização das emissões GEE
SC38	Análise do ciclo de vida dos produtos
SC53	Caracterização e promoção da biodiversidade
SC42	Redução no consumo de recursos
SC36	Implementação de sistemas de mitigação às alterações climáticas

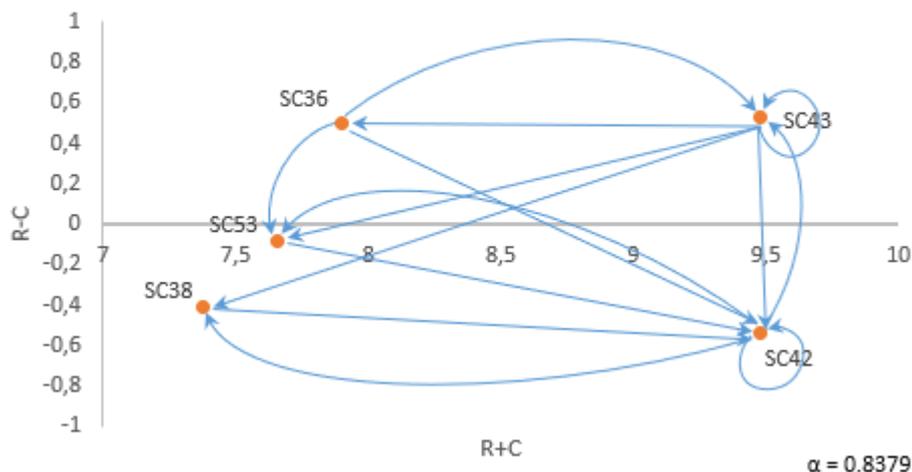
**Tabela 4.20: Initial Direct Relation Matrix – Cluster Ambiente, Energia e Clima**

	SC43	SC38	SC53	SC42	SC36	SUM
SC43	0.0	3.5	3.5	4.0	3.5	14.5
SC38	3.5	0.0	0.5	4.0	1.0	9.0
SC53	1.5	2.5	0.0	3.5	3.0	10.5
SC42	4.0	3.0	3.0	0.0	2.5	12.5
SC36	3.5	1.5	3.5	3.0	0.0	11.5
SUM	12.5	10.5	10.5	14.5	10.0	

A fim de serem observadas as diversas interações estabelecidas entre os subcritérios, foram obtidas as variáveis  $R$  e  $C$ , cujos valores permitem interpretar qual o grau de relevância de cada subcritério para o presente estudo. A *Tabela 4.21* apresenta as várias interações entre os subcritérios, providenciando os seus valores de  $R$  e  $C$ , para que possam ser devidamente analisados. Posteriormente, foi obtida a *Figura 4.8* (*i.e.*, mapa de impacto), para que pudesse ser observada a disposição dos critérios, conforme os valores calculados. Assim, conclui-se que o SC43 obtém o valor mais elevado de  $R+C$  (*i.e.*, 9.4797) e, por isso, é considerado o fator mais relevante na análise, estando situado no ponto mais à direita do mapa de impacto, ainda que com valores muito próximos do segundo subcritério mais relevante na análise, o SC42 ( $R+C = 9.4794$ ). Por outro lado, o subcritério cuja relevância é menor é o SC38, com um valor igual a 7.3731, assumindo, desta forma, uma posição mais à esquerda na *Figura 4.8*. No que diz respeito aos fatores causa e efeito presentes neste *cluster*, verifica-se que, segundo os valores resultantes da diferença entre  $R$  e  $C$ , os fatores causa são os SCs 36 e 43, enquanto que os fatores efeito são os SCs 38, 42 e 53.

**Tabela 4.21: Interações entre Critérios – Cluster Ambiente, Energia e Clima**

	R	C	R+C	R-C
SC43	5.0029	4.4768	9.4797	0.5261
SC38	3.4821	3.8910	7.3731	-0.4089
SC53	3.7904	3.8688	7.6593	-0.0784
SC42	4.4711	5.0083	9.4794	-0.5371
SC36	4.2009	3.7026	7.9035	0.4984



**Figura 4.8: Impact-Relation Map – Cluster Ambiente, Energia e Clima**

Passando para o *cluster C5*, na *Tabela 4.22* estão presentes os subcritérios que o painel de decisores considerou como sendo os mais importantes. O limiar dos valores que serão incluídos no IRM corresponde a  $\alpha = 1.2084$ .

**Tabela 4.22: Identificação dos Critérios Escolhidos – Cluster Economia e Finanças**

Critérios Escolhidos	
SC74	Agregação da procura
SC61	Compras públicas ecológicas
SC71	<i>Economies of scale and scope</i>
SC63	Mecanismos de financiamento para iniciativas sustentáveis
SC65	Incentivos às energias renováveis

**Tabela 4.23: Initial Direct Relation Matrix – Cluster Economia e Finanças**

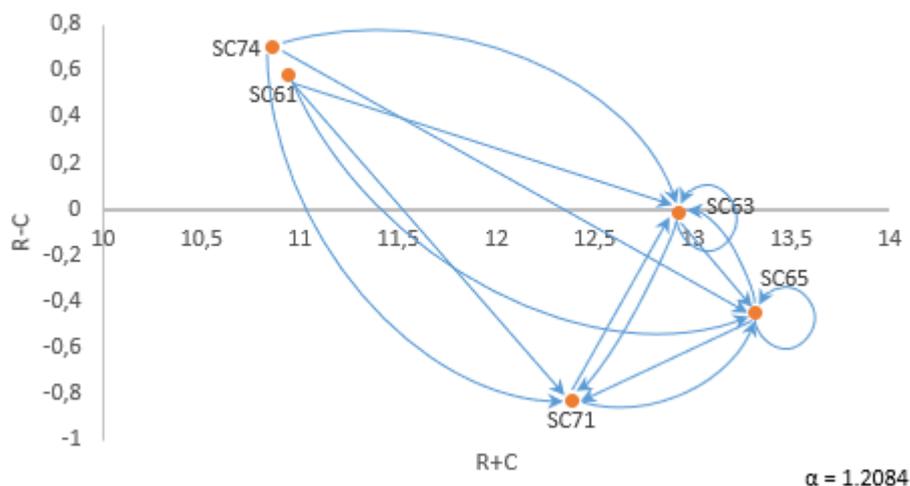
	SC74	SC61	SC71	SC63	SC65	SUM
SC74	0.0	1.0	3.5	3.0	3.0	10.5
SC61	2.0	0.0	3.0	2.5	3.0	10.5
SC71	2.5	2.0	0.0	3.0	3.0	10.5
SC63	2.0	3.0	3.0	0.0	4.0	12.0
SC65	2.5	3.0	3.0	3.5	0.0	12.0
SUM	9.0	9.0	12.5	12.0	13.0	

Quanto à construção e mercado, são observáveis, na *Tabela 4.24*, as relações e o grau de influência entre os subcritérios que fazem parte deste *cluster*. Com um  $R$  de 6.4550, o SC63 (*i.e.*, mecanismos de financiamento para iniciativas sustentáveis), é aquele que mais influência tem sobre os outros. Em sentido contrário, o SC61 (*i.e.*, compras públicas ecológicas) tem um impacto reduzido nos outros subcritérios (*i.e.*,  $R = 5.7574$ ). No que diz respeito ao efeito que é mais influenciado, o SC65 (*i.e.*, incentivos às energias renováveis) assume protagonismo, com um  $C$  de 6.8809.

Observando a *Figura 4.9*, é possível perceber que o SC65 (*i.e.*, incentivos às energias renováveis) é o subcritério que está mais à direita e tal se justifica pelo facto de ser este subcritério que tem um maior valor do somatório do vetor  $R+C$  (*i.e.*, 13.3161). Logo a seguir a este, destaca-se o SC63 (*i.e.*, mecanismos de financiamento para iniciativas sustentáveis), também com um valor elevado (*i.e.*, 12.9224). Os SC74 e SC61 assumem valores positivos quando calculado o  $R-C$ . Ou seja, estes influenciam mais os restantes do que aquilo que são influenciados.

**Tabela 4.24: Interações entre Critérios – Cluster Economia e Finanças**

	R	C	R+C	R-C
SC74	5.7814	5.0774	10.8587	0.7040
SC61	5.7574	5.1793	10.9366	0.5781
SC71	5.7799	6.6041	12.3840	-0.8242
SC63	6.4550	6.4674	12.9224	-0.0123
SC65	6.4352	6.8809	13.3161	-0.4457



**Figura 4.9: Impact-Relation Map – Cluster Economia e Finanças**

O último *cluster* deste modelo corresponde ao *C6 – Transportes e Mobilidade*. Na *Tabela 4.25* estão definidos os cinco subcritérios que os especialistas consideraram mais importantes. No caso deste *cluster*, o limiar dos valores que serão incluídos no IRM corresponde a  $\alpha = 0.8055$ .

**Tabela 4.25: Identificação dos Critérios Escolhidos – Cluster Transportes e Mobilidade**

Critérios Escolhidos	
SC24	<i>Apps</i> de planeamento de transportes públicos
SC18	Tendência para eletrificação da mobilidade
SC28	Estratégia nacional de transportes
SC19	Planeamento centralizado do tráfego
SC22	Promoção de mobilidade sustentável

**Tabela 4.26: Initial Direct Relation Matrix – Cluster Transportes e Mobilidade**

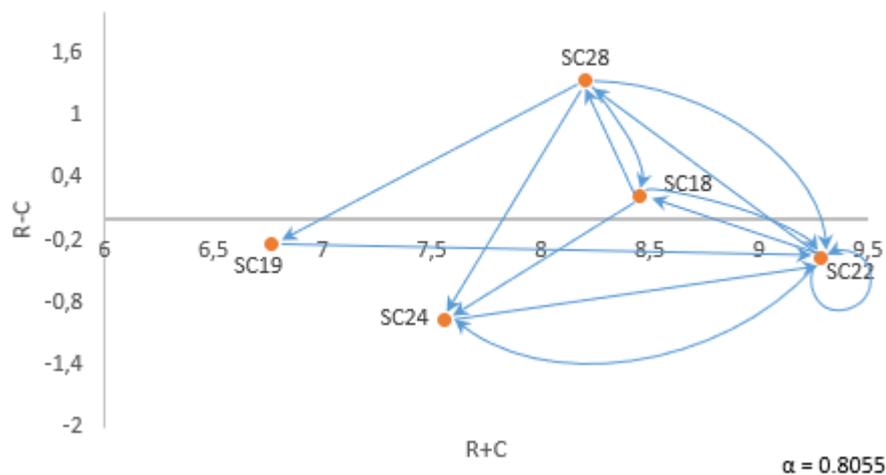
	SC24	SC18	SC28	SC19	SC22	SUM
SC24	0.0	2.0	1.0	2.5	3.5	9.0
SC18	3.0	0.0	3.5	2.0	3.5	12.0
SC28	3.0	4.0	0.0	2.5	4.0	13.5
SC19	3.0	2.0	1.0	0.0	3.0	9.0
SC22	3.0	3.5	3.5	2.5	0.0	12.5
SUM	12.0	11.5	9.0	9.5	14.0	

Relativamente às influências geradas pelos efeitos deste *cluster*, o SC22 (*i.e.*, promoção de mobilidade sustentável) é aquele que é mais influenciado pelos restantes (*i.e.*,  $C = 4.8257$ ), como é possível observar na *Tabela 4.27*. Ao nível da influência que os subcritérios têm sob os outros, o SC28 (*i.e.*, estratégia nacional de transportes) é o que mais influencia no que diz respeito ao *cluster Transportes e Mobilidade* (*i.e.*,  $R = 4.7695$ ).

O subcritério que assume maior importância neste *cluster* é o SC22, pois é aquele cujo somatório de  $R$  e  $C$  é maior (*i.e.*, 9.2866), bem como se encontra mais à direita no IRM (*Figura 4.10*). Focando agora o vetor  $(R-C)$ , como grupo de causas, englobam-se os subcritérios SC18 e SC28. Ou seja, são aqueles que assumem valores positivos porque acabam por influenciar mais do que aquilo que são influenciados. Pelo contrário, no grupo de efeitos, encontram-se os SC19, SC22 e SC24, assumindo valores negativos, o que significa que são mais influenciáveis.

**Tabela 4.27: Interações entre Critérios – Cluster Transportes e Mobilidade**

	R	C	R+C	R-C
SC24	3.3020	4.2597	7.5617	-0.9577
SC18	4.3390	4.1176	8.4566	0.2214
SC28	4.7695	3.4331	8.2026	1.3364
SC19	3.2669	3.5022	6.7691	-0.2354
SC22	4.4609	4.8257	9.2866	-0.3648



**Figura 4.10: Impact-Relation Map – Cluster Transportes e Mobilidade**

Através da aplicação da técnica DEMATEL, foi possível concluir acerca das relações de causa-efeito entre os subcritérios dos diferentes *clusters*, bem como perceber o grau de influência entre estes. De acordo com os cálculos efetuados e com os diagramas IRM, ficamos a conhecer quais os subcritérios que mais impacto têm nos restantes e aqueles que são mais influenciáveis. Para além disto, para cada um dos *clusters*, definiram-se os grupos de causas e os de efeitos. Ou seja, o conjunto de subcritérios mais e menos preponderantes para este estudo. Importa salientar que as análises foram efetuadas com base na opinião e nos pontos de vista do painel de decisores, pelo que não será conveniente efetuar generalizações apressadas. Com o propósito de apurar a consistência interna dos resultados obtidos e do modelo em si, o ponto seguinte apresenta o processo de consolidação dos mesmos, bem como algumas reflexões e formulação de recomendações para as cidades.

### 4.3. Reflexões e Formulação de Recomendações para as Cidades

Tal como referido ao longo da presente dissertação, dado que este estudo assume uma postura construtivista, os resultados obtidos não podem ser generalizados para outro contexto. Mesmo assim, a metodologia utilizada (*i.e.*, mapeamento cognitivo e técnica DEMATEL), de uma forma geral e tendo em conta a opinião do painel, permitiu alcançar resultados muito positivos, na medida em que considera não só elementos objetivos na análise, como também vários elementos de natureza subjetiva, algo que permite um maior realismo no modelo obtido.

Após a análise ser realizada e de serem retiradas as devidas conclusões, foi realizada uma sessão de consolidação com um representante do Ministério da Economia e Transição Digital. Esta sessão, à semelhança das duas sessões anteriores, teve de ser realizada por videoconferência e teve uma duração aproximada de quarenta e cinco minutos. A *Figura 4.11* ilustra alguns momentos desta sessão.

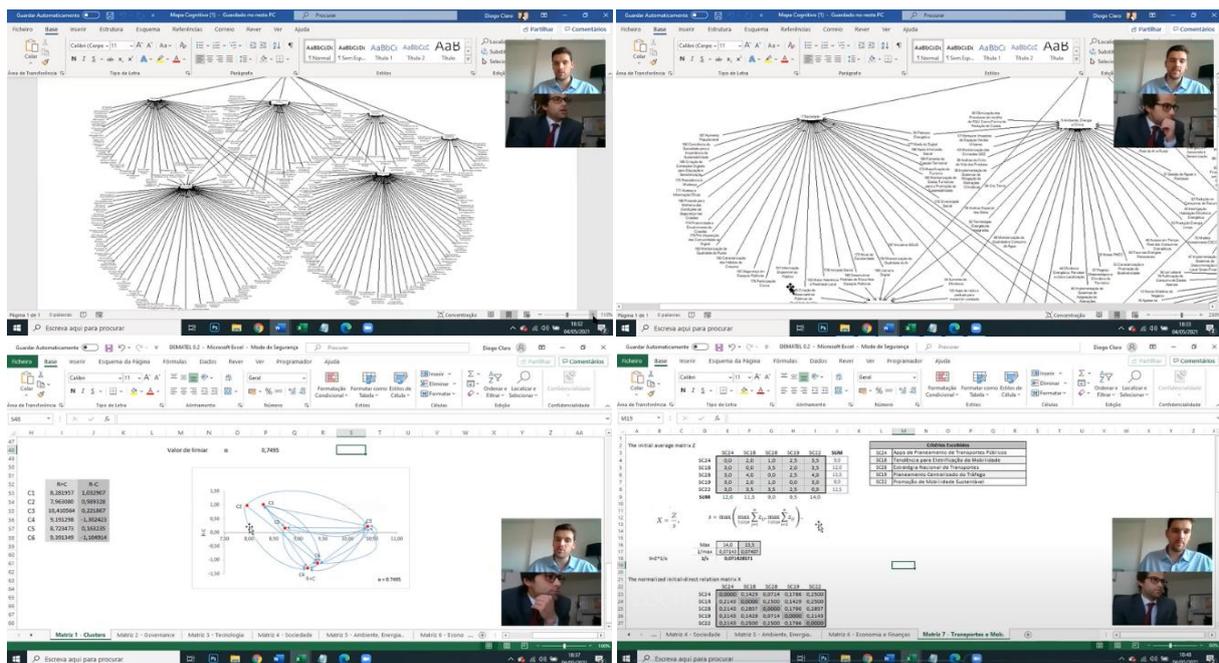


Figura 4.11: Sessão de Consolidação dos Resultados

A sessão teve início com uma breve apresentação do tema da dissertação e da abordagem escolhida, tal como das técnicas utilizadas. Após esta breve apresentação, passou-se para a vertente prática, onde foi exposto o mapa cognitivo e os diagramas DEMATEL. O especialista não conhecia nenhuma das técnicas aplicadas, mas desde logo realçou o seu interesse já que, “no fundo, são técnicas relativamente transversais a vários temas, o que reforça os resultados

*obtidos*”. À medida que foram explanadas as diferentes matrizes, o especialista foi sendo questionado sobre a sua concordância com os resultados obtidos, referindo mesmo que, “*numa apreciação geral, os resultados obtidos parecem-me que fazem sentido e correspondem à realidade dos dias de hoje*” (nas suas próprias palavras), reforçando ainda que “*os clusters escolhidos são bastante relevantes e fazem sentido para análise*” (também nas suas palavras). Por fim, o especialista elogiou o trabalho desenvolvido e indicou como uma vantagem assinalável o facto de o painel que esteve presente nas duas sessões anteriores ser multidisciplinar, bem como a metodologia utilizada, uma vez que permite conciliar a vertente quantitativa e qualitativa e, ainda, a extensão do mapa cognitivo, incluindo diversas causas em diferentes *clusters*, notando-se um trabalho árduo e dispendioso em termos de tempo.

Tal como em outros estudos, também aqui foram apontadas algumas lacunas ao sistema desenvolvido. Em particular, o especialista referiu o reduzido número de pessoas que integraram o painel de especialistas, na medida em que, sendo uma pequena amostra, ainda que diversificada, não consegue representar um contexto de grande dimensão. Sobre este ponto, foi explicado que o presente estudo é orientado para o processo e que, como tal, não pode ser interpretado seguindo a mesma linha de raciocínio subjacente aos métodos estatísticos, estando a dimensão do painel em concordância com as orientações apresentadas na literatura.

Face ao exposto, foi reconhecido, durante a sessão de consolidação, que a combinação metodológica utilizada na presente investigação proporciona uma análise coerente dos benefícios da digitalização nos meios urbanos, bem como do impacto desses critérios num todo. A realização da sessão de consolidação dos resultados foi crucial para o estudo, na medida em que não só lhe oferece maior credibilidade como permitiu, também, receber a opinião de um profissional na área representante de uma entidade com projeção a nível nacional.

## SINOPSE DO CAPÍTULO 4

O penúltimo capítulo da presente dissertação comporta a componente empírica do estudo desenvolvido e evidencia a estrutura cognitiva utilizada ao longo do estudo, resultante da aplicação das metodologias apresentadas no capítulo anterior. Numa primeira instância, e com o objetivo de reunir os critérios necessários a incluir no modelo multicritério, foi realizada uma primeira sessão de trabalho por videoconferência, que contou com a presença de oito especialistas na área em estudo e onde, após a apresentação do estudo e dos procedimentos de natureza metodológica, foi colocada a seguinte questão de partida: “*Com base nos seus valores e experiência profissional, que fatores/iniciativas/ações podem ajudar as cidades a alavancar os benefícios da digitalização?*”. Através do contributo e da partilha de conhecimentos de um painel de oito decisores com experiência na área da digitalização nos meios urbanos, foi aplicada a “*técnica dos post-its*”, de modo a reunir os critérios para a temática. Esta primeira sessão de trabalho possibilitou a criação de um mapa cognitivo de base, que foi o mote para a realização de uma segunda sessão de trabalho. Nesta sessão, os decisores tiveram a oportunidade de fazer uma validação inicial dos dados recolhidos na primeira sessão através do mapa cognitivo. Ainda nesta sessão, foi aplicada a técnica DEMATEL, tendo sido preenchidas as matrizes de influência, quer a respeito dos *clusters* formados como dos critérios mais relevantes em cada um deles. Neste capítulo, foram também apresentadas as tabelas de relação causa-efeito de cada *cluster*, bem como a sua interpretação e correspondente diagrama IRM, que ilustra as ligações estabelecidas entre os critérios analisados. Para finalizar, foi ainda realizada uma última sessão de trabalho, com o objetivo de consolidar os resultados alcançados e obter possíveis recomendações de melhoria junto de um especialista representante do Ministério da Economia e Transição Digital. Nesta sessão de consolidação, foram devidamente explicados os processos adotados para a aplicação das técnicas mencionadas, tendo sido apresentado o mapa cognitivo de grupo e as matrizes de influência provenientes da técnica DEMATEL, alvos de grande satisfação demonstrada pelo especialista, quer pela metodologia construtivista utilizada, quer pelos resultados obtidos. Importa salientar que os resultados obtidos surgiram através da partilha de conhecimentos, valores e experiências de um conjunto específico e contextual de decisores. Nesse sentido, os resultados não devem ser extrapolados para outros contextos sem antes serem feitas as devidas adaptações.

Com a conclusão da componente empírica da presente dissertação, este último capítulo pretende evidenciar as principais conclusões do estudo desenvolvido. Desta forma, são expostos os principais resultados e as limitações do estudo, seguindo-se uma breve apresentação das reflexões e contributos teórico-práticos e finalizando-se com algumas recomendações para uma futura investigação.

#### 5.1. Principais Resultados e Limitações

A presente dissertação resultou, essencialmente, no *desenvolvimento de um modelo multicritério que auxilie as cidades a alavancar os benefícios da digitalização, através da aplicação de técnicas de mapeamento cognitivo e da técnica DEMATEL*. Tal como referido, a diferenciação deste estudo prende-se no facto de terem sido escolhidas técnicas que permitiram fazer análises com base em critérios quantitativos e qualitativos. Para a concretização deste objetivo, procedeu-se à divisão da dissertação em cinco capítulos, sendo que o *Capítulo 1* diz respeito à parte introdutória e o *Capítulo 5* abrange as conclusões do estudo. Os restantes capítulos podem ser divididos em função da sua natureza, onde a componente teórica está presente nos *Capítulos 2 e 3* e a componente empírica no *Capítulo 4*.

Assim, na componente teórica, foi feito o enquadramento (*i.e.*, revisão da literatura) dos conceitos base de *digitalização*, *urbanismo* e *cidade*, as temáticas às quais se dedica esta dissertação. Conclui-se que o desenvolvimento tecnológico permitiu criar um ambiente de inovação no que ao desenvolvimento das cidades diz respeito, procurando revitalizar questões de sustentabilidade, segurança, reduzir e controlar consumos de bens naturais como a água ou energia e, ainda, tornar os cuidados de saúde mais inteligentes de forma a promover prognósticos de forma mais precoce. Para que tal aconteça, a digitalização nos meios urbanos necessita de se materializar na implementação de tecnologias digitais associadas à inovação integrada numa visão estratégica e envolvendo toda a cidade. Ainda sobre a componente teórica, foram analisados vários estudos relativos à digitalização nos meios urbanos. Todavia, na maioria deles, é possível encontrar duas limitações comuns: (1) forma pouco clara como são

identificadas e incorporadas as variáveis/critérios nos modelos desenvolvidos; e (2) escassez de análises que incidam sobre as relações de causalidade entre as variáveis, nomeadamente em termos dinâmicos.

Na componente empírica, foram aplicadas as metodologias apresentadas na vertente teórica. O problema foi dividido em duas fases: (1) *fase de estruturação*, onde, recorrendo aos mapas cognitivos, foi possível estruturar o problema dispondo os critérios e as suas ligações; e (2) *fase de avaliação*, onde, através da técnica DEMATEL, foram analisadas as relações de causalidade entre os critérios. No desenvolvimento da vertente prática da dissertação, foram realizadas duas sessões de trabalho com um conjunto de oito especialistas nas áreas da digitalização, *smart cities* e urbanismo. A primeira sessão disse respeito à fase de estruturação do problema, em que, através do debate e da partilha de conhecimento e experiência entre os membros do painel, foram encontrados os critérios a serem incluídos no mapa cognitivo (neste caso, os fatores/iniciativas/ações que ajudassem as cidades a alavancar os benefícios da digitalização). Estes critérios/efeitos foram, posteriormente, agrupados em seis *clusters*, estabelecendo-se as grandes áreas de preocupação deste problema. Na segunda sessão, correspondente à fase de avaliação do problema, o painel teve acesso ao mapa cognitivo final, aplicando-se de seguida a técnica DEMATEL, através da qual os decisores escolheram os subcritérios mais importantes para cada *cluster* e classificaram-nos segundo o seu grau de influência. Com o preenchimento das respetivas matrizes e dos cálculos inerentes, concluiu-se quais os critérios mais influenciadores e os mais influenciáveis, bem como quais as relações de causa-efeito existentes entre eles. Atendendo à adoção desta metodologia, foram identificados e analisados 188 subcritérios. Através da componente empírica, foi possível averiguar que, dentro dos seis *clusters* destacados no estudo (*i.e.*, *Governance*; *Tecnologia*; *Sociedade*; *Ambiente, Energia e Clima*; *Economia e Finanças*; e *Transportes e Mobilidade*) foi o *cluster Sociedade* aquele cuja relevância na análise foi maior, dados os valores calculados (ver *Capítulo 4*). Por sua vez, o *cluster Tecnologia* revelou não ter uma relevância significativa, quando comparado com os restantes *clusters* em estudo, algo que vai ao encontro do que foi argumentado pelo painel de decisores durante a sessão de avaliação.

Tendo como base a análise das relações de causalidade e de influência, o *cluster* que assume maior importância é o *C3* (*i.e.*, *Sociedade*), pois é aquele que tem maior número de ligações com os restantes, significando isto que é aquele que exerce mais influência sob os outros *clusters*. Assim sendo, o *C1*, *C2*, *C3* e o *C5* (*i.e.*, *Governance*; *Tecnologia*; *Sociedade*; e *Economia e Finanças*, respetivamente) são considerados como grupo de causas. Ou seja, estes fatores acabam por influenciar mais do que aquilo que são influenciados. Pelo contrário, o *C4*

e o C6 (i.e., *Ambiente, Energia e Clima*; e *Transportes e Mobilidade*, respetivamente) são considerados grupo de efeitos, pois são mais influenciados do que aquilo que influenciam. De um modo geral, todos os *clusters* incluídos na presente dissertação remetem para um vasto leque de critérios que, mesmo apresentando diferentes níveis de influência no estudo, são fundamentais à implementação de melhorias no âmbito da digitalização urbana. Ainda ao nível empírico, foi realizada uma sessão de consolidação dos resultados com um técnico especialista do Ministério da Economia e Transição Digital, em que foram apresentadas as técnicas e os resultados. Esta sessão foi crucial para o estudo, na medida em que não só lhe oferece maior credibilidade como permitiu, também, receber a opinião de um profissional na área que demonstrou grande interesse pelo estudo desenvolvido e contribuiu com a sua experiência e conhecimento acumulado.

As principais limitações reconhecidas ao longo da presente dissertação sedimentam-se, essencialmente, na aplicação empírica das abordagens metodológicas utilizadas, nomeadamente: (1) dificuldade na constituição do painel de decisores com experiência na área, devido à elevada dedicação e compromisso exigido pelas metodologias aplicadas, que requerem disponibilidade física e temporal dos diferentes intervenientes; (2) diferentes pontos de vista acerca dos níveis de influência estabelecidos entre os vários *clusters* e subcritérios; e (3) elevado número de subcritérios a ser analisado, que implicou duas sessões de várias horas, levando a algum cansaço e desconforto por parte do painel. Dada a postura construtivista que a presente dissertação assume, o modelo apresentado depende fortemente do contexto em que está inserido, pelo que os resultados exibidos não podem ser extrapolados sem os devidos ajustes.

Em suma, os resultados alcançados são esclarecedores, visto que criam um modelo abrangente, que comporta aspetos objetivos e subjetivos. A mesma base construtivista possibilitou a combinação metodológica adotada, que resultou da partilha de valores, opiniões e experiências do painel de decisores, originado assim um modelo mais próximo da realidade. Importa também realçar que o principal objetivo deste estudo não é alcançar um ótimo matemático. Ao invés, procura evidenciar desenvolvimentos de novas metodologias ou, recorrendo à abordagem multicritério, aperfeiçoar o processo de tomada de decisão. Posto isto, de seguida, será elaborada uma síntese dos principais contributos da investigação realizada.

## 5.2. Reflexões e Contributos Teórico-Práticos

Durante a revisão de literatura, foi possível identificar que a temática em estudo tem um enorme potencial de investigação. Tal facto confirmou-se com a análise de alguns estudos realizados na área, verificando-se, também, que não existem metodologias isentas de limitações e, por isso, é possível aplicar novas abordagens.

A presente dissertação aplicou, em simultâneo, o mapeamento cognitivo e a técnica DEMATEL. Esta última efetua análises dinâmicas das relações de causalidade e de impacto entre critérios e subcritérios de avaliação, garantindo a interdependência entre fatores e auxiliando na construção de um mapa que reflita essas relações. Nesta perspetiva, este trabalho assumiu um papel de complementaridade dos estudos já realizados, na medida em que integrou variáveis tanto objetivas como subjetivas, procurando fazer face às lacunas encontradas, não perdendo de vista o reconhecimento do vasto leque de critérios apontados pelo painel de especialistas na fase inicial do processo de estruturação.

Nas sessões com o painel de especialistas, os mesmos demonstraram curiosidade e interesse pelas técnicas aplicadas, envolvendo-se em todo o processo e garantindo que os resultados obtidos espelhavam as suas convicções. A aplicação da técnica DEMATEL possibilitou a análise minuciosa e detalhada das diferentes relações de causalidade e de impacto entre os determinantes da digitalização nos meios urbanos.

Perante o exposto, os principais contributos desta investigação são: (1) conceção de um modelo de apoio a tomada de decisão que proporciona uma visão holística do problema estudado; (2) elaboração de um mapa cognitivo, com base em esquemas mentais dos decisores, a partir das suas opiniões e experiências, identificando desta forma cerca de 188 critérios de avaliação; (3) resultados de fácil interpretação; e (4) conclusões que evidenciam as áreas com mais ou menos impacto. Trata-se, por isso, de uma ferramenta relevante para ser aplicada no contexto atual das cidades, visto que é de fácil utilização e compreensão e permite a identificação dos critérios mais importantes, não deixando de ser necessário, no entanto, a possibilidade de reajustar qualquer fase do processo, revelando a adaptabilidade e a transparência do modelo desenvolvido quando aplicado em diferentes contextos. Neste sentido, parece evidente que estudos sequentes baseados nesta lógica possam ser de grande valia, pelo que o próximo ponto expõe algumas sugestões de investigação futura.

### 5.3. Futura Investigação

Após a leitura e reflexão sobre a dissertação, parece evidente que a opção metodológica tomada foi a mais vantajosa. O objetivo não passou por restringir o estudo a uma determinada natureza de dados, mas sim ter uma visão abrangente e holística do tema estudado.

O facto de se ter incluído um conjunto de especialistas experientes na área e conscientes da importância da digitalização urbana foi, sem aparente dúvida, um ponto positivo e diferenciador deste estudo. Para além disso, a conjugação de variáveis de natureza qualitativa e quantitativa foi possível graças às técnicas escolhidas. Assim sendo, numa ótica de futura investigação nesta temática, é de salientar a importância de se realizarem análises semelhantes, mas agora com novas abordagens multicritério que possam vir a surgir, de modo a realizarem-se análises que comparem os resultados entre as diferentes abordagens. Outra das sugestões para o futuro passa pelo desenvolvimento de um *software* para a construção dos mapas cognitivos mais avançado, capaz de compilar e extrair os resultados mais rapidamente.

Cumprido o objetivo da construção de um modelo multicritério que analise os determinantes da digitalização nos meios urbanos, podemos concluir que os resultados alcançados são, de facto, importantes para os decisores interessados em *smart cities*, dada a robustez, a transparência e o carácter construtivista do modelo desenvolvido, sendo sempre possível efetuar ajustes e melhorias. Com efeito, qualquer contributo que torne esta investigação mais completa, será sempre bem acolhido no aprofundamento da temática.

## BIBLIOGRAFIA

- Ackermann, F. (2012). Problem structuring methods ‘in the Dock’: Arguing the case for Soft OR. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 652-658.
- Ackermann, F., Eden, C., & Cropper, S. (1992). *Getting Started with Cognitive Mapping*, disponível online em [www.banxia.com](http://www.banxia.com) [Dezembro 2020].
- Al Ridhawi, I., Otoum, S., Aloqaily, M., Jararweh, Y., & Baker, T. (2020). Providing secure and reliable communication for next generation networks in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 56, 1-14.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.
- Al-Hader, M., Rodzi, A., Sharif, A., & Ahmad, N. (2009). SOA of smart city geospatial management. *Proceedings of the 2009 European Symposium on Computer Modeling And Simulation*, 6-10.
- Allwinkle, S., & Cruickshank, P. (2011). Creating smart-er cities: An overview. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 1-16.
- Alotaibi, S. (2018). Registration center based user authentication scheme for smart e-governance applications in smart cities. *IEEE Access*, 7, 5819-5833.
- Amin, S., Hossain, M., Muhammad, G., Alhussein, M., & Rahman, M. (2019). Cognitive smart healthcare for pathology detection and monitoring. *IEEE Access*, 7, 10745-10753.
- Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 47, 95-106.
- Angelis, A., & Kanavos, P. (2017). Multiple criteria decision analysis (MCDA) for evaluating new medicines in health technology assessment and beyond: The advance value framework. *Social Science & Medicine*, 188, 137-156.
- Arnstein, S. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4), 216-224.
- Azevedo, A., & Ferreira, F. (2019). Analyzing the dynamics behind ethical banking practices using fuzzy cognitive mapping. *Operational Research*, 19(3), 679-700.
- Bakici, T., Almirall, E., & Wareham, J. (2012). A smart city initiative: The case of Barcelona. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 135-148.
- Bana e Costa, C. (1993). Três convicções fundamentais na prática de apoio à decisão. *Pesquisa Operacional*, 13(1), 9-20.
- Bana e Costa, C., Ensslin, L., Cornêa, É., & Vansnick, J. (1999). Decision support systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. *European Journal of Operational Research*, 113(2), 315-335.
- 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.
- Batty, M. (2008). The size, scale, and shape of cities. *Science*, 319, 769-771.
- Batty, M., Axhausen, K., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., & Wachowicz, M. Ouzounis, G. & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.
- Belanche, D., Casalo, L., & Flavián, C. (2017). Understanding the cognitive, affective and evaluative components of social urban identity: Determinants, measurement, and practical consequences. *Journal of Environmental Psychology*, 50, 138-153.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

- Belton, V., & Stewart, T. (2010). Problem structuring and multiple criteria decision analysis. *International Series in Operations Research & Management Science*, 142, 209-239.
- Ben Letaifa, S. (2015). How to strategize smart cities: Revealing the SMART model. *Journal of Business Research*, 68(7), 1414-1419.
- Bettencourt, L., Lobo, J., Helbing, D., Kuhnert, C., & West, G. (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(17), 7301-7306.
- Bibri, S. (2019). The anatomy of the data-driven smart sustainable city: Instrumentation, datafication, computerization and related applications. *Journal of Big Data*, 6(1), 59.
- Bibri, S., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183-212.
- Biggs, S. (1989). Resource-poor farmer participation in research: A synthesis of experiences from nine national agricultural research systems. *International Service for National Agricultural Research*, 3, 1-58.
- Bollier, D. (1998). *How Smart Growth Can Stop Sprawl: A Fledgling Citizen Movement Expands*. Washington, D.C.: Essential Books.
- Bouzguenda, I., Alalouch, C., & Fava, N. (2019). Towards smart sustainable cities: A review of the role digital citizen participation could play in advancing social sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101627.
- Brennen, J., & Kreiss, D. (2016). Digitalization. *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy*, 1-11.
- Buchanan, L., & O'Connell, A. (2006). A brief history of decision making. *Harvard Business Review*, 84(1), 32.
- Bunders, D., & Varró, K. (2019). Problematizing data-driven urban practices: Insights from five Dutch 'smart cities'. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 93, 145-152.
- Caragliu, A., & Del Bo, C. (2012). Smartness and European urban performance: Assessing the local impacts of smart urban attributes. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 97-113.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82.
- Carli, R., Dotoli, M., Pellegrino, R., & Ranieri, L. (2013). Measuring and managing the smartness of cities: A framework for classifying performance indicators. *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 1288-1293.
- Carmona, M., Heath, T., Tiesdell, S., & Oc, T. (2010). *Public Places Urban Spaces*. London: Routledge.
- Cauchon, D. (2017). The promise of smart cities. *Electric Perspectives*, 42(1), 34-41.
- Choudrie, J., Junior, C., McKenna, B., & Richter, S. (2018). Understanding and conceptualising the adoption, use and diffusion of mobile banking in older adults: A research agenda and conceptual framework. *Journal of Business Research*, 88, 449-465.
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T., & Scholl, H. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. *Proceedings of the 45<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences*, 2289-2297.
- Collotta, M., & Pau, G. (2017). An innovative approach for forecasting of energy requirements to improve a smart home management system based on BLE. *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, 1(1), 112-120.
- Cunha, A., & Morais, D. (2017). Problem structuring methods in group decision making: A comparative study of their application. *Operational Research*, 19(4), 1081-1100.

- Damart, S. (2010). A cognitive mapping approach to organizing the participation of multiple actors in a problem structuring process. *Group Decision and Negotiation*, 19(5), 505-526.
- Dameri, R. (2013). Searching for smart city definition: A comprehensive proposal. *International Journal of Computers & Technology*, 11(5), 2544-2551.
- de Jong, M., Joss, S., Schraven, D., Zhan, C., & Weijnen, M. (2015). Sustainable-smart-resilient-low carbon-eco-knowledge cities: Making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. *Journal of Cleaner Production*, 109, 25-38.
- Dey, S., Kumar, A., Ray, A., & Pradhan, B. (2012). Supplier selection: Integrated theory using DEMATEL and quality function deployment methodology. *Procedia Engineering*, 38, 2111-2116.
- Di Bella, A. (2012). Digital urbanism in southern Italy. *International Journal of E-Planning Research*, 1(4), 73-87.
- Eden, C. (1992). On the nature of cognitive maps. *Journal of Management Studies*, 29(3), 261-265.
- Eden, C. (2004). Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, 159(3), 673-686.
- 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., Ackermann, F., & Cropper, S. (1992). The analysis of cause maps. *Journal of Management Studies*, 29(3), 309-324.
- Edge, S., Boluk, K., Groulx, M., & Quick, M. (2020). Exploring diverse lived experiences in the smart city through creative analytic practice. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 96, 102478.
- Edwards, L. (2016). Privacy, security and data protection in smart cities: A critical EU law perspective. *European Data Protection Law Review*, 2(1), 28-58.
- Engin, Z., van Dijk, J., Lan, T., Longley, P., Treleaven, P., Batty, M., & Penn, A. (2020). Data-driven urban management: Mapping the landscape. *Journal of Urban Management*, 9(2), 140-150.
- Eremia, M., Toma, L., & Sanduleac, M. (2017). The smart city concept in the 21st century. *Procedia Engineering*, 181, 12-19.
- Estrada, E., Maciel, R., Ochoa, A., Bernabe-Loranca, B., Oliva, D., & Larios, V. (2018). Smart city visualization tool for the open data georeferenced analysis utilizing machine learning. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems & Informatics*, 9(2), 25-40.
- Farahat, I., Tolba, A., Elhoseny, M., & Eladrosy, W. (2019). Data security and challenges in smart cities. *Security in Smart Cities: Models, Applications, and Challenges*, 117-142.
- Faria, P., Ferreira, F., Jalali, M., Bento, P., & António, N. (2018). Combining cognitive mapping and MCDA for improving quality of life in urban areas. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 78, 116-127.
- Fernandes, I., Ferreira, F., Bento, P., Jalali, M., & António, N. (2018). Assessing sustainable development in urban areas using cognitive mapping and MCDA. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 25(3), 216-226.
- Fernandez-Anez, V., Fernández-Güell, J., & Giffinger, R. (2018). Smart city implementation and discourses: An integrated conceptual model. The case of Vienna. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 78, 4-16.
- Ferreira, F. (2011). *Avaliação Multicritério de Agências Bancárias: Modelos e Aplicações de Análise de Decisão*. Faro: Faculdade de Economia, Universidade do Algarve.
- Ferreira, F., & Jalali, M. (2015). Identifying key determinants of housing sales and time-on-the-market (tom) using fuzzy cognitive mapping. *International Journal of Strategic Property Management*, 19(3), 235-244.

- Ferreira, F., & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2019), Toward a sustainable supply chain for social credit: learning by experience using single-valued neutrosophic sets and fuzzy cognitive maps, *Annals of Operations Research*, DOI: 10.1007/s10479-019-03194-2.
- Ferreira, F., Santos, S., & Rodrigues, P. (2011a). Adding value to bank branch performance evaluation using cognitive maps and MCDA: A case study. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1320-1333.
- Ferreira, F., Santos, S., Rodrigues, P., & Spahr, R. (2011b). Evaluating retail banking service quality and convenience with mcda techniques: A case study at the bank branch level. *Journal of Business Economics and Management*, 15(1), 1-21.
- Ferreira, F., Santos, S., Santos, P., & Spahr, R. (2014). How to create indices for bank branch financial performance measurement using MCDA techniques: An illustrative example. *Journal of Business Economics and Management*, 15(4), 708-728.
- Ferreira, F., Spahr, R., Santos, S., & Rodrigues, P. (2012). A multiple criteria framework to evaluate bank branch potential attractiveness. *International Journal of Strategic Property Management*, 16(3), 254-276.
- Ferreira, F., Spahr, R., Sunderman, M., & Jalali, M. (2018). A prioritisation index for blight intervention strategies in residential real estate. *Journal of the Operational Research Society*, 69(8), 1269-1285.
- Fertner, C., Christensen, A., Andersen, P., Olafsson, A., Præstholt, S., Caspersen, O., & Grunfelder, J. (2019). Emerging digital plan data: New research perspectives on planning practice and evaluation. *Danish Journal of Geography*, 119(1), 6-16.
- Filipe, M., Ferreira, F., & Santos, S. (2015). A multiple criteria information system for pedagogical evaluation and professional development of teachers. *Journal of the Operational Research Society*, 66(11), 1769-1782.
- Fiol, C., & Huff, A. (1992). Maps for managers: Where are we? Where do we go from here? *Journal of Management Studies*, 29(3), 267-285.
- Fonseca, J. (2014). E-banking culture: A comparison of EU 27 countries and Portuguese case in the EU 27 retail banking context. *Journal of Retailing And Consumer Services*, 21(5), 708-716.
- Gabus, A., & Fontela, E. (1972). *World Problems: An Invitation to Further Thought Within the Framework of DEMATEL*. Geneva, Switzerland: Battelle Geneva Research Center.
- Giffinger, R., & Gudrun, H. (2010). Smart cities ranking: An effective instrument for the positioning of the cities? *Architecture, City and Environment*, 4(12), 7-26.
- Gruman, G. (2016). *What Digital Transformation Really Means*, disponível online em <https://www.infoworld.com/article/3080644/what-digital-transformation-really-means.html> [Dezembro 2020].
- Hajduk, S. (2016). The concept of a smart city in urban management. *Business, Management and Education*, 14(1), 34-49.
- Harrison, C., & Donnelly, I. (2011). A theory of smart cities. *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS*, disponível online em <https://journals.iss.org/index.php/proceedings55th/article/view/1703> [Dezembro 2020].
- Hollands, R. (2008). Will the real smart city please stand up? *City*, 12(3), 303-320.
- Horne, M., & Thompson, E. (2008). The role of virtual reality in built environment education. *Journal for Education in the Built Environment*, 3(1), 5-24.
- Howard, G. (1980). Response-shift bias: A problem in evaluating interventions with pre/post self-reports. *Evaluation Review*, 4(1), 93-106.
- Ismail, M., Khater, M., & Zaki, M. (2017). Digital business transformation and strategy: What do we know so far. *Cambridge Service Alliance*. DOI:10.13140/RG.2.2.36492.62086.
- Jetter, A., & Kok, K. (2014). Fuzzy cognitive maps for futures studies: A methodological assessment of concepts and methods. *Futures*, 61, 45-57.

- Kates, R., & Parris, T. (2003). Long-term trends and a sustainability transition. *National Academy of Sciences*, 100(14), 8062-8067.
- Kates, R., Travis, W., & Wilbanks, T. (2012). Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *National Academy Of Sciences*, 109(19), 7156-7161.
- Kaya, R., & Yet, B. (2019). Building Bayesian networks based on DEMATEL for multiple criteria decision problems: A supplier selection case study. *Expert Systems with Applications*, 134, 234-248.
- Khatoun, R., & Zeadally, S. (2016). Smart cities: Concepts, architectures, research opportunities. *Communications of the ACM*, 59(8), 46-57.
- Komninos, N., Bratsas, C., Kakderi, C., & Tsarchopoulos, P. (2019). Smart city ontologies: Improving the effectiveness of smart city applications. *Journal of Smart Cities*, 1(1), 31-46.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(1), 65-75.
- Kourtit, K., & Nijkamp, P. (2012). Smart cities in the innovation age. *Innovation – The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 93-95.
- Kourtit, K., Nijkamp, P., & Arribas, D. (2012). Smart cities in perspective: A comparative European study by means of self-organizing maps. *Innovation – The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 229-246.
- Kramers, A., Höjer, M., Lövehagen, N., & Wangel, J. (2014). Smart sustainable cities – Exploring ICT solutions for reduced energy use in cities. *Environmental Modelling & Software*, 56, 52-62.
- Krieger, A. (2009). Where and how does urban design happen. In Krieger, A., & Saunders, S. (Eds.), *Urban Design* (pp. 113-130). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Ladeira, M., Ferreira, F., Ferreira, J., Fang, W., Falcão, P., & Rosa, Á. (2019). Exploring the determinants of digital entrepreneurship using fuzzy cognitive maps. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 15(4), 1077-1101.
- Lafon, N., McMullin, S., Steffen, D., & Schulman, R. (2004). Improving stakeholder knowledge and agency image through collaborative planning. *Wildlife Society Bulletin*, 32(1), 220-231.
- Lalli, M. (1988). Urban Identity. *Environmental Social Psychology*, 45, 303-311.
- LaMonica, M. (2008). *GridWise Trial Finds 'Smart Grids' Cut Electricity Bills*, disponível online em [http://news.cnet.com/8301-11128\\_3-9847236-54.html](http://news.cnet.com/8301-11128_3-9847236-54.html) [Outubro 2020].
- Lee, B., Kjaerulf, F., Turner, S., Cohen, L., Donnelly, P., Muggah, R., Davis, R., Realini, A., Kieselbach, B., Macgregor, L., Waller, I., Gordon, R., Moloney-Kitts, M., Lee, G. & Gilligan, J. (2015). Transforming our world: Implementing the 2030 agenda through sustainable development goal indicators. *Journal of Public Health Policy*, 37(S1), 13-31.
- Lee, S., Ahn, C., Song, K., & Ahn, H. (2018). Trust and distrust in e-commerce. *Sustainability*, 10(4), 1-19.
- Lee, S., Han, J., Leem, Y., & Yigitcanlar, T. (2008). Towards ubiquitous city: Concept, planning, and experiences in the Republic of Korea. In Yigitcanlar, T., Velibeyoglu, K., & Baum, S. (Eds.), *Knowledge-Based Urban Development: Planning and Applications in the Information Era* (pp. 148-170). London: Information Science Reference.
- Li, X., Han, Z., Zhang, R., Abbassi, R., & Chang, D. (2020). An integrated methodology to manage risk factors of aging urban oil and gas pipelines. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 66, 1-9.
- Liaw, C., Chang, Y., Chang, K., & Chang, T. (2011). ME-OWA based DEMATEL reliability apportionment method. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9713-9723.

- Liou, J., Yen, L., & Tzeng, G. (2008). Building an effective safety management system for airlines. *Journal of Air Transport Management*, 14(1), 20-26.
- Little, R. (2010). Managing the risk of cascading failure in complex urban infrastructures. In Graham, S. (Ed.), *Disrupted Cities: When Infrastructure Fails* (pp. 27-52). New York: Routledge.
- Liu, M. & Chen W. (2020). Research on risk impacting factors of logistics quality of fresh cold chain front warehouse based on DEMATEL-ISM method. *Safety and Environmental Engineering*, 45(53), 1-8.
- Lombardi, P., Giordano, S., Caragliu, A., Bo, C., Deakin, M., Nijkamp, P. & Kourtit, K., (2011). An advanced triple-helix network model for smart cities performance. In Erkoscun, O. (Ed.), *Green and Ecological Technologies for Urban Planning: Creating Smart Cities, Hershey* (pp. 59-73). PA: IGI Global.
- Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., & Yousef, W. (2012). Modelling the smart city performance. *Innovation – The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 137-149.
- Lucas, H., Agarwal, R., Clemons, E., El Sawy, O., & Weber, B. (2013). Impactful research on transformational information technology: An opportunity to inform new audiences. *MIS Quarterly*, 37(2), 371-382.
- Mackenzie, A., Pidd, M., Rooksby, J., Sommerville, I., Warren, I., & Westcombe, M. (2006). Wisdom, decision support and paradigms of decision making. *European Journal of Operational Research*, 170(1), 156-171.
- Majchrzak, A., Markus, M., & Wareham, J. (2016). Designing for digital transformation: Lessons for information systems research from the study of ICT and societal challenges. *MIS Quarterly*, 40(2), 267-277.
- Mallapuram, S., Ngwum, N., Yuan, F., Lu, C., & Yu, W. (2017). Smart city: The state of the art, datasets, and evaluation platforms. *Proceedings of the IEEE/ACIS 16<sup>th</sup> International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*, 447-452.
- Marchant, T. (1999). Cognitive maps and fuzzy implications. *European Journal of Operational Research*, 114(3), 626-637.
- Marques, M., Oliveira, M., & Borges, J. (2020). An approach to assess actors' preferences and social learning to enhance participatory forest management planning. *Trees, Forests And People*, 2, 1-14.
- Marshall, W. (2013). An evaluation of livability in creating transit-enriched communities for improved regional benefits. *Research in Transportation Business & Management*, 7, 54-68.
- Martins, V., Filipe, M., Ferreira, F., Jalali, M., & António, N. (2015). For sale... but for how long? A methodological proposal for estimating time-on-the-market. *International Journal of Strategic Property Management*, 19(4), 309-324.
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339-343.
- Mattoni, B., Gugliermetti, F., & Bisegna, F. (2015). A multilevel method to assess and design the renovation and integration of Smart Cities. *Sustainable Cities and Society*, 15, 105-119.
- Meijer, A., Gil-Garcia, J., & Bolívar, M. (2016). Smart city research: Contextual conditions, governance models, and public value assessment. *Social Science Computer Review*, 34(6), 647-656.
- Mendoza, G., & Martins, H. (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology And Management*, 230(1/3), 1-22.

- Mingers, J., & Rosenhead, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 530-554.
- Mohammad, N. (2019). A multi-tiered defense model for the security analysis of critical facilities in smart cities. *IEEE Access*, 7, 152585-152598.
- Montibeller, G., & Belton, V. (2006). Causal maps and the evaluation of decision options: A review. *Journal of the Operational Research Society*, 57(7), 779-791.
- Montibeller, G., Belton, V., Ackermann, F., & Ensslin, L. (2008). Reasoning maps for decision aid: an integrated approach for problem-structuring and multi-criteria evaluation. *Journal of the Operational Research Society*, 59(5), 575-589.
- Moreno, J., & Clos, J. (2016). *Urbanization and Development*. Quito: UN Habitat.
- Myeong, S., Jung, Y., & Lee, E. (2018). A study on determinant factors in smart city development: An analytic hierarchy process analysis. *Sustainability*, 10(8), 1-17.
- Nam, T., & Pardo, T. (2011a). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual International Digital Government Research Conference on Digital Government Innovation in Challenging Times*, 282-291.
- Nam, T., & Pardo, T. (2011b). Smart city as urban innovation: Focusing on management, policy, and context. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 185-194.
- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J., & Morris, R. (2011). Smarter cities and their innovation challenges. *Computer*, 44(6), 32-39.
- Oliveira, M., Ferreira, F., Pérez-Bustamante, G., & Jalali, M. (2017). Integrating cognitive mapping and MCDA for bankruptcy prediction in small- and medium-sized enterprises. *Journal of the Operational Research Society*, 68(9), 985-997.
- ONU – Organização das Nações Unidas (2020). *World Urbanization Prospects*. New York: United Nations DESA/Population Division.
- Peng, P., & Fu, W. (2014). A discussion on smart city management based on meta-synthesis method. *Management Science and Engineering*, 8(1), 68-72.
- Piccinini, E., Gregory, R., & Kolbe, L. (2015). Changes in the producer-consumer relationship: Towards digital transformation. *Changes*, 3(4), 1634-1648.
- Popescu, G. (2015). The economic value of smart city technology. *Economics, Management, and Financial Markets*, 10(4), 76-82.
- Pramanik, P., Pareek, G., & Nayyar, A. (2019). Security and privacy in remote healthcare. *Telemedicine Technologies*, 201-225.
- Reed, M. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141(10), 2417-2431.
- Reed, M., Evely, A., Cundill, G., Fazey, I., Glass, J., Laing, A., Newig, J., Parrish, B., Prell, C., Raymond, C. & Stringer, L., (2010). What is social learning? *Ecology and Society*, 15(4), 1-10.
- Ribeiro, M., Ferreira, F., Jalali, M., & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2017). A fuzzy knowledge-based framework for risk assessment of residential real estate investments. *Technological and Economic Development of Economy*, 23(1), 140-156.
- Roman, K. (2018). Analysis and evaluation of the implementation level of the smart city concept in selected polish cities. *Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 9(1), 138-145.
- Rosenhead, J. (2006). Past, present and future of problem structuring methods. *Journal of the Operational Research Society*, 57(7), 759-765.
- Sanchez-Sepulveda, M., Fonseca, D., Franquesa, J., & Redondo, E. (2019). Virtual interactive innovations applied for digital urban transformations: Mixed approach. *Future Generation Computer Systems*, 91, 371-381.

- Seto, K., Guneralp, B., & Hutyrá, L. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *National Academy of Sciences*, 109(40), 16083-16088.
- Si, S., You, X., Liu, H., & Zhang, P. (2018), DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications, *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1-33.
- Silva, B., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 38, 697-713.
- Sims, B. (2010). Disoriented city: Infrastructure, social order, and the police response to hurricane Katrina. In Graham, S. (Ed.), *Disrupted Cities: When Infrastructure Fails*. New York: Routledge.
- Šiurytė, A., & Davidavičienė, V. (2016). An analysis of key factors in developing a smart city. *Mokslas – Lietuvos Ateitis*, 8(2), 254-262.
- Sofronijević, A., Milicevic, V., & Ilic, B. (2014). Smart city as framework for creating competitive advantages in international business management. *Management – Journal for Theory and Practice of Management*, 19(71), 5-16.
- Soyata, T., Habibzadeh, H., Ekenna, C., Nussbaum, B., & Lozano, J. (2019). Smart city in crisis: Technology and policy concerns. *Sustainable Cities and Society*, 50, 1-15.
- Swan, J. (1997). Using cognitive mapping in management research: Decisions about technical innovation. *British Journal of Management*, 8(2), 183-198.
- Tegarden, D., & Sheetz, S. (2003). Group cognitive mapping: A methodology and system for capturing and evaluating managerial and organizational cognition. *Omega – The International Journal of Management Science*, 31(2), 113-125.
- Thiel, S., & Fröhlich, P. (2017). Gamification as motivation to engage in location-based public participation? *Progress in Location-based Services*, 2016, 399-421.
- Tong, L., Hu, S., & Frazier, A. (2019). Hierarchically measuring urban expansion in fast urbanizing regions using multi-dimensional metrics: A case of Wuhan metropolis, China. *Habitat International*, 94, 1-13.
- Townsend, A. (2013). *Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia*. New York: W. W. Norton & Company.
- Tseng, M. (2009). A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7738-7748.
- Tzeng, G., Chiang, C., & Li, C. (2007). Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 32(4), 1028-1044.
- Umans, T., Kockum, M., Nilsson, E., & Lindberg, S. (2018). Digitalisation in the banking industry and workers subjective well-being. *International Journal of Workplace Health Management*, 11(6), 411-423.
- Uysal, F., & Tosun, Ö. (2014). Multi criteria analysis of the residential properties in Antalya using TODIM method. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 109, 322-326.
- van Zoonen, L. (2016). Privacy concerns in smart cities. *Government Information Quarterly*, 33(3), 472-480.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144.
- Voinov, A., & Bousquet, F. (2010). Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software*, 25(11), 1268-1281.

- Wong, C. (2010). Cognitive mapping on user interface design. *Proceedings of the 2010 International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics*, 288-293.
- Wu, H., & Chang, S. (2015). A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management, *Applied Mathematics and Computation*, 256, 394-403.
- Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 125, 209-221.
- Yang, Y., Shieh, H., Leu, J., & Tzeng, G. (2008). A novel hybrid MCDM model combined with DEMATEL and ANP with applications. *International Journal of Operational Research*, 5(3), 160-168.
- Yazdi, M. (2019). Introducing a heuristic approach to enhance the reliability of system safety assessment. *Quality and Reliability Engineering International*, 35(8), 2612-2638.
- Yazdi, M., Khan, F., Abbassi, R., & Rusli, R. (2020). Improved DEMATEL methodology for effective safety management decision-making. *Safety Science*, 127, 1-17.
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Buys, L., Ioppolo, G., Sabatini-Marques, J., da Costa, E., & Yun, J. (2018). Understanding 'smart cities': Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 81, 145-160.
- Yin, C., Xiong, Z., Chen, H., Wang, J., Cooper, D., & David, B. (2015). A literature survey on smart cities. *Science China Information Sciences*, 58(10), 1-18.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22-32.

## **APÊNDICE**

DEMATEL – Cluster Governance (C1)

**Tabela A1: Cálculos Intermédios**

Max	22.0	20.5
1/max	0.045455	0.048780
<b>1/s</b>	<b>0.04545454</b>	

**Tabela A2: Matriz D**

	SC13	SC114	SC112	SC78	SC16	SC9	SC86
SC13	0.0000	0.1818	0.1364	0.0455	0.1364	0.0227	0.0455
SC114	0.1591	0.0000	0.1364	0.1364	0.1591	0.0227	0.0909
SC112	0.1591	0.1818	0.0000	0.1364	0.1591	0.0227	0.1136
SC78	0.1818	0.1591	0.1818	0.0000	0.1818	0.0682	0.1364
SC16	0.1364	0.0909	0.1591	0.1364	0.0000	0.0227	0.1591
SC9	0.1818	0.1818	0.1591	0.0227	0.1818	0.0000	0.1591
SC86	0.1818	0.1818	0.1818	0.1818	0.1818	0.0227	0.0000

**Tabela A3: Cálculos Intermédios**

**I**

	SC13	SC114	SC112	SC78	SC16	SC9	SC86
SC13	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC114	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC112	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC78	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC86	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-D**

	SC13	SC114	SC112	SC78	SC16	SC9	SC86
SC13	1.0000	-0.1818	-0.1364	-0.0455	-0.1364	-0.0227	-0.0455
SC114	-0.1591	1.0000	-0.1364	-0.1364	-0.1591	-0.0227	-0.0909
SC112	-0.1591	-0.1818	1.0000	-0.1364	-0.1591	-0.0227	-0.1136
SC78	-0.1818	-0.1591	-0.1818	1.0000	-0.1818	-0.0682	-0.1364
SC16	-0.1364	-0.0909	-0.1591	-0.1364	1.0000	-0.0227	-0.1591
SC9	-0.1818	-0.1818	-0.1591	-0.0227	-0.1818	1.0000	-0.1591
SC86	-0.1818	-0.1818	-0.1818	-0.1818	-0.1818	-0.0227	1.0000

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

	SC13	SC114	SC112	SC78	SC16	SC9	SC86
SC13	1.3265	0.4749	0.4354	0.2979	0.4465	0.0876	0.2785
SC114	0.5425	1.3962	0.5130	0.4289	0.5425	0.1057	0.3715
SC112	0.5778	0.5854	1.4268	0.4572	0.5778	0.1126	0.4138
SC78	0.6669	0.6394	0.6511	1.3890	0.6669	0.1654	0.4843
SC16	0.5358	0.4928	0.5413	0.4396	1.4158	0.1077	0.4330
SC9	0.6522	0.6436	0.6181	0.4050	0.6522	1.0971	0.4919
SC86	0.6784	0.6671	0.6627	0.5570	0.6784	0.1302	1.3714

**Tabela A4: Cálculo da Matriz T**

	SC13	SC114	SC112	SC78	SC16	SC9	SC86	R
SC13	0.3265	0.4749	0.4354	0.2979	0.4465	0.0876	0.2785	2.3473
SC114	0.5425	0.3962	0.5130	0.4289	0.5425	0.1057	0.3715	2.9004
SC112	0.5778	0.5854	0.4268	0.4572	0.5778	0.1126	0.4138	3.1514
SC78	0.6669	0.6394	0.6511	0.3890	0.6669	0.1654	0.4843	3.6630
SC16	0.5358	0.4928	0.5413	0.4396	0.4158	0.1077	0.433	2.9659
SC9	0.6522	0.6436	0.6181	0.4050	0.6522	0.0971	0.4919	3.5602
SC86	0.6784	0.6671	0.6627	0.5570	0.6784	0.1302	0.3714	3.7451
C	3.9800	3.8995	3.8485	2.9747	3.9800	0.8063	2.8444	

Cluster Tecnologia (C2)

**Tabela A5: Cálculos Intermédios**

Max	20.0	19.0
1/max	0.05	0.052632
<b>1/s</b>	<b>0.05</b>	

**Tabela A6: Matriz D**

	SC34	SC55	SC134	SC147	SC163	SC121	SC142
SC34	0.0000	0.2000	0.1250	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
SC55	0.1500	0.0000	0.1500	0.0500	0.0000	0.0000	0.1250
SC134	0.1500	0.1500	0.0000	0.1500	0.1500	0.1500	0.2000
SC147	0.1000	0.1250	0.1500	0.0000	0.0250	0.1750	0.1500
SC163	0.1500	0.1500	0.2000	0.0500	0.0000	0.1500	0.1250
SC121	0.0500	0.0500	0.2000	0.2000	0.1500	0.0000	0.1500
SC142	0.1500	0.1750	0.1750	0.2000	0.1000	0.1000	0.0000

**Tabela A7: Cálculos Intermédios**

**I**

	SC34	SC55	SC134	SC147	SC163	SC121	SC142
SC34	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC55	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC134	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC147	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC163	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC142	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-D**

	SC34	SC55	SC134	SC147	SC163	SC121	SC142
SC34	1.0000	-0.2000	-0.1250	-0.0500	-0.0500	-0.0500	-0.0500
SC55	-0.1500	1.0000	-0.1500	-0.0500	0.0000	0.0000	-0.1250
SC134	-0.1500	-0.1500	1.0000	-0.1500	-0.1500	-0.1500	-0.2000
SC147	-0.1000	-0.1250	-0.1500	1.0000	-0.0250	-0.1750	-0.1500
SC163	-0.1500	-0.1500	-0.2000	-0.0500	1.0000	-0.1500	-0.1250
SC121	-0.0500	-0.0500	-0.2000	-0.2000	-0.1500	1.0000	-0.1500
SC142	-0.1500	-0.1750	-0.1750	-0.2000	-0.1000	-0.1000	1.0000

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

	SC34	SC55	SC134	SC147	SC163	SC121	SC142
SC34	1.2286	0.4242	0.3863	0.2511	0.1872	0.2200	0.2858
SC55	0.3494	1.2467	0.3884	0.2460	0.1410	0.1731	0.3315
SC134	0.5372	0.5847	1.5078	0.5138	0.3949	0.4619	0.5972
SC147	0.4096	0.4662	0.5327	1.3136	0.2428	0.4142	0.4748
SC163	0.4915	0.5319	0.6169	0.3877	1.2388	0.4198	0.4904
SC121	0.4188	0.4600	0.6326	0.5272	0.3796	1.3180	0.5292
SC142	0.5124	0.5766	0.6213	0.5249	0.3323	0.4007	1.4023

**Tabela A8: Cálculo da Matriz T**

	SC34	SC55	SC134	SC147	SC163	SC121	SC142	R
SC34	0.2286	0.4242	0.3863	0.2511	0.1872	0.2200	0.2858	1.9832
SC55	0.3494	0.2467	0.3884	0.246	0.1410	0.1731	0.3315	1.8761
SC134	0.5372	0.5847	0.5078	0.5138	0.3949	0.4619	0.5972	3.5974
SC147	0.4096	0.4662	0.5327	0.3136	0.2428	0.4142	0.4748	2.8539
SC163	0.4915	0.5319	0.6169	0.3877	0.2388	0.4198	0.4904	3.1772
SC121	0.4188	0.4600	0.6326	0.5272	0.3796	0.3180	0.5292	3.2654
SC142	0.5124	0.5766	0.6213	0.5249	0.3323	0.4007	0.4023	3.3704
C	2.9474	3.2903	3.6860	2.7644	1.9166	2.4077	3.1112	

Cluster Sociedade (C3)

**Tabela A9: Cálculos Intermédios**

Max	14.0	13.5
1/max	0.071428	0.074074
1/s	<b>0.071428571</b>	

**Tabela A10: Matriz D**

	SC174	SC166	SC188	SC167	SC172
SC174	0.0000	0.2500	0.2143	0.2143	0.2500
SC166	0.2143	0.0000	0.2143	0.1786	0.2857
SC188	0.2857	0.2143	0.0000	0.2143	0.2500
SC167	0.1429	0.2857	0.1786	0.0000	0.1429
SC172	0.1429	0.2500	0.2857	0.1429	0.0000

**Tabela A11: Cálculos Intermédios**

**I**

	SC174	SC166	SC188	SC167	SC172
SC174	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC166	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC188	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC167	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-D**

	SC174	SC166	SC188	SC167	SC172
SC174	1.0000	-0.2500	-0.2143	-0.2143	-0.2500
SC166	-0.2143	1.0000	-0.2143	-0.1786	-0.2857
SC188	-0.2857	-0.2143	1.0000	-0.2143	-0.2500
SC167	-0.1429	-0.2857	-0.1786	1.0000	-0.1429
SC172	-0.1429	-0.2500	-0.2857	-0.1429	1.0000

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

	SC174	SC166	SC188	SC167	SC172
SC174	2.1998	1.6468	1.5127	1.3163	1.5867
SC166	1.3397	2.4021	1.4745	1.2562	1.5693
SC188	1.4663	1.6731	2.3818	1.3568	1.6339
SC167	1.1346	1.4374	1.2694	1.9562	1.2911
SC172	1.2302	1.5191	1.4464	1.1692	2.2703

**Tabela A12: Cálculo da Matriz T**

	SC174	SC166	SC188	SC167	SC172	R
SC174	1.1998	1.6468	1.5127	1.3163	1.5867	7.2622
SC166	1.3397	1.4021	1.4745	1.2562	1.5693	7.0418
SC188	1.4663	1.6731	1.3818	1.3568	1.6339	7.5117
SC167	1.1346	1.4374	1.2694	0.9562	1.2911	6.0887
SC172	1.2302	1.5191	1.4466	1.1692	1.2703	6.6354
C	6.3705	7.6785	7.0849	6.0546	7.3512	

Cluster Ambiente, Energia e Clima (C4)

Tabela A13: Cálculos Intermédios

Max	14.5	14.5
1/max	0.068966	0.068966
1/s	<b>0.06896517</b>	

Tabela A14: Matriz D

	SC43	SC38	SC53	SC42	SC36
SC43	0.0000	0.2414	0.2414	0.2759	0.2414
SC38	0.2414	0.0000	0.0345	0.2759	0.0690
SC53	0.1034	0.1724	0.0000	0.2414	0.2069
SC42	0.2759	0.2069	0.2069	0.0000	0.1724
SC36	0.2414	0.1034	0.2414	0.2069	0.0000

Tabela A15: Cálculos Intermédios

**I**

	SC43	SC38	SC53	SC42	SC36
SC43	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC38	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC53	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC42	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC36	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-D**

	SC43	SC38	SC53	SC42	SC36
SC43	1.0000	-0.2414	-0.2414	-0.2759	-0.2414
SC38	-0.2414	1.0000	-0.0345	-0.2759	-0.0690
SC53	-0.1034	-0.1724	1.0000	-0.2414	-0.2069
SC42	-0.2759	-0.2069	-0.2069	1.0000	-0.1724
SC36	-0.2414	-0.1034	-0.2414	-0.2069	1.0000

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

	SC43	SC38	SC53	SC42	SC36
SC43	1.8988	0.9753	0.9708	1.2210	0.9370
SC38	0.8319	1.5535	0.5870	0.9214	0.5883
SC53	0.7815	0.7354	1.588	0.9533	0.7323
SC42	1.0204	0.8726	0.8656	1.8994	0.8131
SC36	0.9442	0.7542	0.8574	1.0131	1.6320

**Tabela A16: Cálculo da Matriz T**

	SC43	SC38	SC53	SC42	SC36	R
SC43	0.8988	0.9753	0.9708	1.2210	0.9370	5.0029
SC38	0.8319	0.5535	0.5870	0.9214	0.5883	3.4821
SC53	0.7815	0.7354	0.5880	0.9533	0.7323	3.7904
SC42	1.0204	0.8726	0.8656	0.8994	0.8131	4.4711
SC36	0.9442	0.7542	0.8574	1.0131	0.6320	4.2009
C	4.4768	3.891	3.8688	5.0083	3.7026	

Cluster Economia e Finanças (C5)

Tabela A17: Cálculos Intermédios

Max	13.0	12.0
1/max	0.076923	0.083333
<b>1/s</b>	<b>0.076923077</b>	

Tabela A18: Matriz D

	SC74	SC61	SC71	SC63	SC65
SC74	0.0000	0.0769	0.2692	0.2308	0.2308
SC61	0.1538	0.0000	0.2308	0.1923	0.2308
SC71	0.1923	0.1538	0.0000	0.2308	0.2308
SC63	0.1538	0.2308	0.2308	0.0000	0.3077
SC65	0.1923	0.2308	0.2308	0.2692	0.0000

Tabela A19: Cálculos Intermédios

**I**

	SC74	SC61	SC71	SC63	SC65
SC74	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC61	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC71	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC63	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC65	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-D**

	SC74	SC61	SC71	SC63	SC65
SC74	1.0000	-0.0769	-0.2692	-0.2308	-0.2308
SC61	-0.1538	1.0000	-0.2308	-0.1923	-0.2308
SC71	-0.1923	-0.1538	1.0000	-0.2308	-0.2308
SC63	-0.1538	-0.2308	-0.2308	1.0000	-0.3077
SC65	-0.1923	-0.2308	-0.2308	-0.2692	1.0000

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

	SC74	SC61	SC71	SC63	SC65
SC74	1.8602	0.9559	1.3296	1.2839	1.3518
SC61	0.9891	1.8748	1.2979	1.2505	1.3452
SC71	1.0196	1.0116	2.1156	1.2819	1.3514
SC63	1.0930	1.1717	1.4320	2.2217	1.5367
SC65	1.1155	1.1654	1.4290	1.4294	2.2959

**Tabela A20: Cálculo da Matriz T**

	SC74	SC61	SC71	SC63	SC65	R
SC74	0.8602	0.9559	1.3296	1.2839	1.3518	5.7814
SC61	0.9891	0.8748	1.2979	1.2505	1.3452	5.7574
SC71	1.0196	1.0116	1.1156	1.2819	1.3514	5.7799
SC63	1.0930	1.1717	1.4320	1.2217	1.5367	6.4550
SC65	1.1155	1.1654	1.4290	1.4294	1.2959	6.4352
C	5.0774	5.1793	6.6041	6.4674	6.8809	

Cluster Transportes e Mobilidade (C6)

Tabela A21: Cálculos Intermédios

Max	14.0	13.5
1/max	0.071429	0.074074
1/s	<b>0.071428571</b>	

Tabela A22: Matriz D

	SC24	SC18	SC28	SC19	SC22
SC24	0.0000	0.1429	0.0714	0.1786	0.2500
SC18	0.2143	0.0000	0.2500	0.1429	0.2500
SC28	0.2143	0.2857	0.0000	0.1786	0.2857
SC19	0.2143	0.1429	0.0714	0.0000	0.2143
SC22	0.2143	0.2500	0.2500	0.1786	0.0000

Tabela A23: Cálculos Intermédios

**I**

	SC24	SC18	SC28	SC19	SC22
SC24	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC18	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC28	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC19	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**I-D**

	SC24	SC18	SC28	SC19	SC22
SC24	1.0000	-0.1429	-0.0714	-0.1786	-0.2500
SC18	-0.2143	1.0000	-0.2500	-0.1429	-0.2500
SC28	-0.2143	-0.2857	1.0000	-0.1786	-0.2857
SC19	-0.2143	-0.1429	-0.0714	1.0000	-0.2143
SC22	-0.2143	-0.2500	-0.2500	-0.1786	1.0000

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

	SC24	SC18	SC28	SC19	SC22
SC24	1.5827	0.6862	0.5442	0.6310	0.8579
SC18	0.9422	1.7458	0.8252	0.7560	1.0698
SC28	1.0181	1.0426	1.6881	0.8426	1.1781
SC19	0.7530	0.6777	0.5352	1.4744	0.8265
SC22	0.9637	0.9652	0.8405	0.7982	1.8934

**Tabela A24: Cálculo da Matriz T**

	SC24	SC18	SC28	SC19	SC22	R
SC24	0.5827	0.6862	0.5442	0.6310	0.8579	3.3020
SC18	0.9422	0.7458	0.8252	0.7560	1.0698	4.3390
SC28	1.0181	1.0426	0.6881	0.8426	1.1781	4.7695
SC19	0.7530	0.6777	0.5352	0.4744	0.8265	3.2669
SC22	0.9637	0.9652	0.8405	0.7982	0.8934	4.4609
C	4.2597	4.1176	3.4331	3.5022	4.8257	