

# iscte

INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA

---

## **Avaliação da Digitalização Urbana com Recurso a Mapas Cognitivos e ao *Best-Worst Method***

Fabiana Costa Vieira

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

**Avaliação da Digitalização Urbana com Recurso a Mapas Cognitivos e  
ao *Best-Worst Method***

Fabiana Costa Vieira

Mestrado em Gestão

Orientador:

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

Maio 2021



## AGRADECIMENTOS

“**N**as grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer” (Mahatma Gandhi).

Com a concretização da presente dissertação, assinalo como concluída mais uma etapa da minha vida, que só foi exequível devido ao apoio dado por todos aqueles que me são próximos e que, de alguma forma, me auxiliaram ao longo deste percurso.

Primeiramente, agradeço à minha família, em particular aos meus pais e à minha irmã, pelo apoio incondicional que me deram para concretizar esta etapa tão importante e por sempre me incentivarem a dar o meu melhor e a ir mais além.

Agradeço a todos os meus amigos com os quais partilhei todas as minhas conquistas e, por vezes, algumas preocupações pelas quais estava a passar. Em particular, agradeço à Ana Martins, à Constança Vaz Patto, à Margarida Alves e à Raquel Garcia, por me terem acompanhado nestes últimos dois anos e por estarem sempre disponíveis para me ajudar.

Agradeço especialmente ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, que sempre demonstrou uma firme orientação e total disponibilidade para me nortear ao longo de todo este percurso. Muito obrigada por nunca me ter deixado fraquejar e pelas palavras de incentivo sempre dadas.

Agradeço também a todos os elementos que constituíram o painel de decisores: Arlindo Ribeiro, Filipe Rodrigues, João Dinis, Jorge Saraiva, Luísa Araújo, Paulo Pinto, Pedro Barradas e Pedro Moreira. Foi graças à sua disponibilidade, partilha de experiências e valores que foi possível a concretização da parte empírica da presente dissertação. Agradeço, igualmente, à Dr.<sup>a</sup> Maria João Lopes, representante da Associação Nacional dos Municípios Portugueses (ANMP), assim como ao Dr. João Ferreira e ao Dr. Luís Maia, representantes da Agência Nacional de Inovação (ANI), pela sua predisposição e colaboração na fase de consolidação dos resultados.

A todos,  
O meu Sincero Obrigada!



# AVALIAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO URBANA COM RECURSO A MAPAS COGNITIVOS E AO *BEST-WORST METHOD*

## RESUMO

O elevado crescimento populacional e a rápida urbanização têm sido alvo de grande atenção, particularmente devido às consequências que acarretam, refletidas no bem-estar dos residentes de áreas urbanas. Com efeito, o desenvolvimento tecnológico, caracterizado como principal impulsionador da digitalização, tem revelado um enorme potencial para ultrapassar inúmeros problemas que as cidades enfrentam atualmente. Para garantir que as cidades estão a usar corretamente as tecnologias disponíveis, é necessário avaliar o seu grau de digitalização e, para isso, é fundamental compreender quais as áreas de intervenção, para que as cidades sejam geridas da melhor forma possível, de modo a proporcionar uma melhor qualidade de vida aos seus residentes. Neste sentido, a presente dissertação propõe a utilização de técnicas assentes nos princípios da abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), com o intuito de desenvolver um modelo de apoio à tomada de decisão multicritério que facilite o processo de avaliação da digitalização urbana. Com recurso a um painel de especialistas na temática em estudo, faz-se uso integrado de mapas cognitivos com o *Best-Worst Method* (BWM), algo que permitiu identificar os critérios de avaliação a considerar no âmbito da digitalização urbana, bem como realizar análises das suas relações de causa-efeito. Os resultados obtidos foram validados tanto pelos membros do painel como por representantes da Associação Nacional dos Municípios Portugueses e da Agência Nacional de Inovação, que reconheceram que o sistema de avaliação elaborado viabiliza a distinção das cidades em termos da sua digitalização. As principais vantagens e limitações do presente estudo são também objeto de análise e de discussão.

**Palavras-Chave:** *Best-Worst Method*; Digitalização Urbana; Mapas Cognitivos; MCDA; *Smart Cities*.



# MEASURING CITY DIGITALIZATION USING COGNITIVE MAPPING AND BWM

## ABSTRACT

**D**ue to their impact on people's well-being, high population growth and rapid urbanization are currently important topics in city management. Technological development, characterized as an important driver of digitalization, has revealed great potential to mitigate a wide range of different issues that cities currently face. To ensure cities are correctly using the available technologies, it is necessary to measure their degree of digitalization. This, in turn, is important to improve understanding of areas of intervention, so that cities can be managed better and provide their residents with greater quality of life. This study adopts the baseline principles of the Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) approach, and proposes the development of multicriteria decision analysis system that facilitates the evaluation process of urban digitalization. Based on the insights provided by a panel of field experts, cognitive mapping is combined with the Best-Worst Method (BWM), allowing for both the identification of relevant evaluation criteria within the scope of urban digitalization and the analysis of their cause-effect relationships. The results obtained were validated by the panel members and, additionally, by representatives of the National Association of Portuguese Municipalities and the National Innovation Agency, who recognized that the evaluation system developed in this study allows for city differentiation in terms of urban digitalization. The advantages and limitations of the present study are also analyzed.

**Keywords:** Best-Worst Method; Cognitive Maps; MCDA; Smart Cities; Urban Digitalization.





## SUMÁRIO EXECUTIVO

**A**o longo dos últimos anos, a população residente em áreas rurais tem vindo a migrar para áreas urbanas, originando uma maior aglomeração populacional nas cidades. Estima-se que, nos próximos trinta anos, mais de metade da população mundial resida em áreas urbanas. Por conseguinte, os grandes centros urbanos enfrentam inúmeros desafios relativamente ao seu crescimento, *performance* e competitividade. Dado tratar-se de uma situação alarmante, e face à necessidade de uma rápida intervenção, a utilização de tecnologias de informação e comunicação (TIC) revelou-se uma valência na mitigação de alguns problemas urbanos. Posto isto, a ideia de que as cidades devem retirar proveito das novas tecnologias é defendida de forma generalizada. É neste sentido que surge o tema digitalização urbana, que consiste na introdução de tecnologias e de infraestruturas digitais nas cidades, de forma a que sejam criadas e desenvolvidas *smart cities*. Para tal, dispositivos de alta tecnologia e plataformas digitais estão a ser instituídos em áreas urbanas para aumentar a sua produtividade, eficiência e sustentabilidade. Complementarmente, verifica-se um aumento do bem-estar da população urbana. Cientes da importância que a digitalização tem nos dias de hoje, gestores, planeadores urbanos e decisores políticos têm manifestado um grande interesse na sua avaliação, pois só assim é possível compreender quais as áreas em que se deve intervir para que as cidades sejam geridas da melhor forma possível. São inúmeros os investigadores que se têm debruçado sobre este tema – *i.e.*, digitalização urbana – e são vários os contributos apresentados pelos estudos realizados até à data. No entanto, nenhuma dessas investigações se encontra isenta de limitações, verificando-se uma escassez na identificação dos determinantes da digitalização em áreas urbanas, assim como a falta de análises das relações causais entre esses mesmos determinantes. Adicionalmente, também se verifica uma ausência generalizada de análises dinâmicas desses determinantes ao longo do tempo. Posto isto, a chegada de novas ferramentas metodológicas tem vindo a revelar-se significativa para uma avaliação tendencialmente mais diversificada e eficaz da digitalização urbana. Para o efeito, a presente dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de um modelo de apoio à tomada de decisão multicritério para avaliação da digitalização urbana com recurso à abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), cuja base epistemológica é construtivista. Mais especificamente, serão empregues métodos de estruturação e de avaliação multicritério, algo que permite a integração de elementos objetivos e subjetivos no quadro de tomada de decisão. Na *fase de estruturação*, utilizar-se-á o mapeamento cognitivo, que permite estruturar a

problemática em questão através da identificação de critérios preponderantes no âmbito da digitalização urbana. Posteriormente, na *fase de avaliação*, recorrer-se-á ao *Best-Worst Method* (BWM), que se caracteriza por ser um método baseado em comparações estruturadas, trabalhando com o princípio da importância relativa do melhor e do pior critério em relação aos demais critérios. A adoção destas metodologias exigiu a realização de duas sessões de trabalho com um painel de especialistas em digitalização urbana, cuja duração aproximada foi de quatro horas/sessão. Na primeira sessão, procedeu-se à estruturação da problemática (*i.e.*, digitalização urbana), tendo sido inicialmente apresentada a seguinte *trigger question*: “*Em conformidade com os seus valores e experiência profissional, que fatores/características urbanas deverão estar na base da avaliação da digitalização urbana?*”. Esta questão foi respondida por meio da “*técnica dos post-its*” e permitiu: (1) identificar os critérios mais importantes para a avaliação da digitalização urbana; (2) analisar as relações de causa efeito entre esses critérios; (3) agrupar os critérios em *clusters*; e (4) hierarquizar os critérios dentro de cada *cluster*. A *fase de avaliação* teve lugar na segunda sessão de trabalho, onde o painel de especialistas aplicou o método BWM. Como resultado da aplicação do método, obtiveram-se os pesos dos critérios mais relevantes e dos respetivos *clusters* (*i.e.*, *TIC, Energia, Mobilidade, Governance and Policy, Ambiente, Cidadania, e Economia*). De seguida, foi enviado um questionário às câmaras municipais de todas as capitais de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores, mais especificamente a elementos com conhecimento no tema em análise, de forma a obter resultados em contexto real da aplicação do modelo de avaliação desenvolvido na presente dissertação. Obtidas as respostas ao questionário, foi possível a realização de um *ranking* das cidades em relação à digitalização urbana. Concluída a *estruturação* e a *avaliação* da temática, realizaram-se duas sessões de validação com representantes da Associação Nacional dos Municípios Portugueses (ANMP) e da Agência Nacional de Inovação (ANI), por se tratarem de elementos qualificados e neutros no processo (*i.e.*, dado que não participaram nas sessões anteriores). No decorrer destas sessões, os especialistas manifestaram agrado com os resultados alcançados e evidenciaram o elevado potencial de aplicabilidade do sistema de avaliação desenvolvido. Posto isto, a investigação realizada viabilizou a construção de um modelo de avaliação mais informado, holístico, robusto, transparente e com elevado potencial de aplicabilidade prática.

# ÍNDICE GERAL

Principais Abreviaturas Utilizadas .....	xiii
<b>Capítulo 1 – Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento Inicial .....	1
1.2. Objetivos Principais e Secundários de Investigação .....	2
1.3. Orientação Epistemológica e Metodologia de Investigação .....	3
1.4. Estrutura do Documento .....	4
1.5. Principais Resultados Esperados do Estudo .....	5
<b>Capítulo 2 – Revisão da Literatura .....</b>	<b>7</b>
2.1. Digitalização e Desenvolvimento Urbano: Conceitos e Tendências .....	7
2.2. Determinantes de Digitalização nos Meios Urbanos .....	14
2.3. Estudos Relacionados .....	17
2.4. Limitações Gerais e <i>Gap</i> na Literatura .....	23
<i>Sinopse do Capítulo 2</i> .....	24
<b>Capítulo 3 – Metodologia e Fontes .....</b>	<b>25</b>
3.1. <i>Problem Structuring Methods</i> e Mapeamento Cognitivo .....	25
3.1.1. Cognição Humana e Mapas Cognitivos .....	33
3.1.2. Vantagens e Limitações do Mapeamento Cognitivo .....	38
3.1.3. Possíveis Contributos para a Análise da Digitalização Urbana .....	39
3.2. Avaliação Multicritério .....	40
3.2.1. Avaliação Multicritério e o Método BWM .....	42
3.2.2. Vantagens e Limitações do Método BWM .....	46
3.2.3. Possíveis Contributos para a Análise da Digitalização Urbana .....	48
<i>Sinopse do Capítulo 3</i> .....	50
<b>Capítulo 4 – Avaliação da Digitalização Urbana: Aplicação Empírica .....</b>	<b>51</b>
4.1. Mapa Cognitivo de Base .....	51
4.2. Aplicação do Método BWM .....	55
4.3. Análise de Resultados e Formulação de Recomendações .....	62
<i>Sinopse do Capítulo 4</i> .....	75

Capítulo 5 – Conclusão .....	77
5.1. Principais Resultados e Limitações .....	77
5.2. Contributos Teóricos e Reflexões Práticas para a Gestão .....	79
5.3. Investigação Futura .....	80
Bibliografia .....	83
Apêndices .....	91

# ÍNDICE DE FIGURAS E QUADROS

## FIGURAS

Figura 3.1 – Exemplo de um Mapa Cognitivo .....	36
Figura 4.1 – Momentos Registados Durante a Primeira Sessão .....	53
Figura 4.2 – Mapa Cognitivo de Base .....	54
Figura 4.3 – Momentos Registados Durante a Segunda Sessão .....	56
Figura 4.4 – Pesos dos <i>Clusters</i> .....	63
Figura 4.5 – Pesos dos Critérios do <i>Cluster TIC</i> .....	64
Figura 4.6 – Pesos dos Critérios do <i>Cluster Energia</i> .....	65
Figura 4.7 – Pesos dos Critérios do <i>Cluster Mobilidade</i> .....	66
Figura 4.8 – Pesos dos Critérios do <i>Cluster Governance and Policy</i> .....	67
Figura 4.9 – Pesos dos Critérios do <i>Cluster Ambiente</i> .....	67
Figura 4.10 – Pesos dos Critérios do <i>Cluster Cidadania</i> .....	68
Figura 4.11 – Pesos dos Critérios do <i>Cluster Economia</i> .....	68
Figura 4.12 – <i>Ranking</i> de Alternativas Referentes ao Modelo .....	70
Figura 4.13 – Avaliações Parciais das Cidades Aveiro, Beja, Braga e Lisboa .....	71
Figura 4.14 – Momentos Registados Durante a Sessão de Consolidação .....	73

## QUADROS

Quadro 2.1 – Métodos de Avaliação da Digitalização Urbana: Contribuições e Limitações .....	21
Quadro 3.1 – Confronto de Características entre o Paradigma <i>Hard</i> e o Paradigma <i>Soft</i> .....	26
Quadro 3.2 – Principais Diferenças entre as Abordagens MCDM e MCDA .....	27
Quadro 3.3 – Classificação e Caracterização dos Atores no Processo de Decisão .....	29
Quadro 3.4 – Métodos de Estruturação de Problemas Complexos .....	31
Quadro 3.5 – Algumas Técnicas de Expressão de Ideias .....	35
Quadro 3.6 – Classificação de Mapas Cognitivos .....	37
Quadro 3.7 – Índice de Consistência .....	45
Quadro 4.1 – Critérios Objeto de Análise pelo BMW .....	56
Quadro 4.2 – Pesos dos <i>Clusters</i> .....	58

Quadro 4.3 – Pesos dos Critérios .....	58
Quadro 4.4 – Pontuações Parciais Atribuídas a Cada uma das Alternativas .....	61
Quadro 4.5 – Aplicação do BWM aos <i>Clusters</i> .....	62
Quadro 4.6 – <i>Ranking</i> de Alternativas Referentes ao Modelo .....	69

## PRINCIPAIS ABREVIATURAS UTILIZADAS

AHP	– <i>Analytical Hierarchy Process</i>
ANP	– <i>Analytical Network Process</i>
BO	– <i>Best-to-Others</i>
BWM	– <i>Best-Worst Method</i>
DEMATEL	– <i>Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory</i>
GPS	– <i>Global Positioning System</i>
IA	– <i>Inteligência Artificial</i>
IoT	– <i>Internet of Things</i>
KPIs	– <i>Key Performance Indicators</i>
MAUT	– <i>Multiple Attribute Utility Theory</i>
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
MCDM	– <i>Multiple Criteria Decision Making</i>
NFC	– <i>Near Field Communication</i>
OCDE	– <i>Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico</i>
ONU	– <i>Organização das Nações Unidas</i>
OR	– <i>Operational Research</i>
OW	– <i>Others-to-Worst</i>
PCA	– <i>Principal Component Analysis</i>
PSMs	– <i>Problem Structuring Methods</i>
RFID	– <i>Radio-Frequency Identification</i>
SCA	– <i>Strategic Choice Approach</i>
SMART	– <i>Simple Multi-Attribute Rating Technique</i>
SODA	– <i>Strategic Options Development and Analysis</i>
SSM	– <i>Soft Systems Methodology</i>
TIC	– <i>Tecnologias de Informação e Comunicação</i>
TOPSIS	– <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
UE	– <i>União Europeia</i>
WSM	– <i>Weighted Sum Method</i>





**E**ste primeiro capítulo pretende introduzir a presente dissertação. Assim sendo, será elaborado um enquadramento inicial do estudo, seguido da apresentação dos objetivos principais e secundários da investigação, assim como da orientação epistemológica e da metodologia de investigação adotadas. Por último, será ainda apresentada a estrutura do documento e os principais resultados esperados.

### 1.1. Enquadramento Inicial

Durante os últimos anos, temos verificado um aumento populacional e uma rápida urbanização nos meios urbanos. Inclusive, a Organização das Nações Unidas (ONU) prevê que as cidades abriguem 70% da população mundial até 2050 (ONU, 2019). Como consequência, as cidades são confrontadas com inúmeros desafios no que concerne ao seu crescimento, *performance* e competitividade (Yigitcanlar & Kamruzzaman, 2015). A utilização de tecnologias de informação e comunicação (TIC) demonstrou um elevado potencial tanto para lidar com os atuais problemas urbanos, como para dar uma melhor qualidade de vida à população. Como tal, a ideia de que as cidades devem retirar proveito das novas tecnologias é defendida de forma generalizada, pois, devido ao seu rápido progresso no domínio da inovação, estas proporcionam soluções tecnológicas viáveis para áreas urbanas (Yigitcanlar *et al.*, 2019). É neste sentido que surge o tema da digitalização urbana, que se caracteriza pela introdução de tecnologias e de infraestruturas digitais nas cidades, de forma a que sejam criadas e desenvolvidas *smart cities* (Ylipulli & Luusua, 2019). Para o efeito, dispositivos de alta tecnologia e plataformas digitais estão a ser instituídos com o propósito de aumentar a produtividade, eficiência e sustentabilidade das cidades, bem como melhorar o bem-estar geral da população urbana (Balogun *et al.*, 2020).

A digitalização das cidades é, assim, uma megatendência e, portanto, cada vez mais, os sistemas de avaliação da digitalização urbana estão a receber mais interesse por parte de gestores, planeadores urbanos e decisores políticos. Apesar de se tratar de uma tarefa difícil dada a sua complexidade e abrangência, estes sistemas de avaliação são cruciais, na medida em

que direcionam as cidades para a realização dos seus objetivos estratégicos. Neste sentido, o tema escolhido para a presente dissertação centra-se no desenvolvimento de um sistema de avaliação da digitalização em áreas urbanas com recurso a mapas cognitivos e ao *Best-Worst Method* (BWM). Por conseguinte, será possível obter um sistema de avaliação holístico e transparente, capaz de formular sugestões de melhoria para cada cidade. Elaborado o enquadramento inicial, serão expostos, no ponto seguinte, os objetivos principais e secundários que orientam a presente dissertação.

## 1.2. Objetivos Principais e Secundários da Investigação

Tal como evidenciado no ponto anterior, parece evidente que a população tem vindo a migrar de áreas rurais para áreas urbanas. Como resultado, as cidades enfrentam diversos desafios como consequência do seu aumento populacional e da sua rápida urbanização. Cientes da importância que a digitalização está a ter no combate aos desafios decorrentes desta tendência, gestores e planeadores urbanos têm mostrado, cada vez mais, interesse por sistemas de avaliação da digitalização urbana. Contudo, por ser uma temática relativamente recente e complexa (*i.e.*, dada a variedade de características que devem ser consideradas), são poucos os estudos realizados que apresentam evidência significativa sobre os reais contributos deste tipo de avaliação. Assim sendo, é clara a necessidade de adotar novas abordagens na temática em estudo (*i.e.*, digitalização urbana).

Face ao exposto, o principal objetivo da presente dissertação é a ***construção de um modelo de apoio à tomada de decisão multicritério que possibilite a avaliação da digitalização urbana através da combinação de técnicas de mapeamento cognitivo com o Best-Worst Method.*** Através destas ferramentas metodológicas, assentes numa lógica construtivista, será possível a obtenção de uma visão holística do problema em questão por meio da identificação de critérios de avaliação relevantes no âmbito da digitalização urbana e da análise das suas relações de causa-efeito.

Complementarmente, existem outros objetivos a ter em consideração, nomeadamente: (1) integrar elementos objetivos e subjetivos no processo de avaliação da digitalização urbana; (2) ter como base a experiência profissional e a opinião de um conjunto de especialistas na temática; (3) testar a aplicabilidade do modelo de avaliação desenvolvido em contexto real; e (4) expandir o campo de investigação da digitalização em meios urbanos. Para que estes objetivos sejam alcançados, o modelo proposto será sustentado pelo conhecimento e pela

experiência profissional de um painel de especialistas nas diversas áreas da digitalização urbana, possibilitando a criação de um sistema de avaliação mais informado e adequado à realidade das cidades. O próximo ponto apresenta a orientação epistemológica e a metodologia de investigação adotada na presente dissertação.

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

Conforme exposto, a presente dissertação tem como propósito o desenvolvimento de um modelo de avaliação da digitalização urbana. Dada a complexidade e a abrangência desta temática, e tendo em conta que esta pode ser entendida sob diferentes perspectivas, deve ser analisada como sendo um problema complexo. Posto isto, recorrer-se-á a metodologias assentes na lógica construtivista, que permitem a combinação de elementos objetivos e subjetivos no quadro de tomada de decisão. Assim, é possível alcançar uma avaliação mais diversificada e eficaz da digitalização urbana.

A concretização deste objetivo iniciar-se-á com a revisão da literatura da temática em estudo, tendo em vista uma melhor compreensão da digitalização urbana, através do desenvolvimento dos seguintes tópicos: (1) digitalização e desenvolvimento urbano: conceitos e tendências; (2) determinantes de digitalização nos meios urbanos; (3) estudos relacionados; e (4) limitações gerais e *gap* na literatura. De seguida, apresentar-se-ão as metodologias que se pretendem adotar na componente empírica, seguindo sempre uma lógica de complementaridade e de aprendizagem contínua. Para aplicação destas metodologias, é necessária a realização de duas sessões de trabalho com um painel de especialistas com conhecimento e experiência na área em estudo, com o intuito de reunir informação essencial para a concretização do sistema de avaliação. Mais concretamente, recorrer-se-á à abordagem *Strategic Options Development and Analysis* (SODA), que utiliza o mapeamento cognitivo para estruturar o problema em análise através da construção de um mapa cognitivo de grupo como base nos critérios de avaliação definidos pelo painel de especialistas. Posteriormente, adotar-se-á o método BWM, que permitirá obter os pesos dos critérios de avaliação e, assim, priorizar as áreas de intervenção em cada cidade avaliada.

O uso integrado de técnicas de mapeamento cognitivo e do método BWM facilitará a construção de um sistema de avaliação mais informado, coerente, transparente e com grande aplicabilidade no âmbito da digitalização urbana, ajudando a preencher algumas das limitações gerais de estudos anteriores e o *gap* identificado na literatura. Por fim, o modelo irá ser posto

em prática na avaliação das capitais de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores, sendo ainda alvo de validação por entidades habilitadas e independentes à sua construção. O ponto seguinte destina-se à estrutura do presente documento.

#### **1.4. Estrutura do Documento**

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, entre os quais a presente introdução (*Capítulo 1*), o corpo de texto (*Capítulo 2, 3 e 4*) e a conclusão (*Capítulo 5*). Além dos cinco capítulos apresentados, são também parte integrante desta dissertação as referências bibliográficas e o apêndice.

- O *Capítulo 1* é composto pela presente introdução, na qual é realizado um enquadramento inicial e se apresentam os objetivos principais e secundários da investigação, a orientação epistemológica e metodologia de investigação, a estrutura do documento e, por fim, os principais resultados esperados do estudo.
- O *Capítulo 2* expõe a revisão da literatura, tendo como principal objetivo aprofundar os fundamentos e as abordagens existentes no âmbito da digitalização urbana. Assim sendo, apresentam-se tanto os conceitos e as tendências da digitalização e do desenvolvimento urbano, como os determinantes de digitalização nos meios urbanos. De seguida, é feito o levantamento dos contributos e das limitações dos estudos existentes. Por fim, identificam-se as limitações gerais e o *gap* existente na literatura, no sentido de justificar a importância de se desenvolver um sistema de avaliação no âmbito da digitalização urbana.
- O *Capítulo 3* apresenta o enquadramento metodológico da abordagem multicritério de apoio à tomada de decisão (*i.e.*, *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA)), com a finalidade de identificar os potenciais contributos desta abordagem construtivista no âmbito da avaliação da digitalização urbana. Compreende a estruturação de problemas multicritério utilizando *Problem Structuring Methods* (PSMs), mais especificamente a abordagem SODA, que contempla na sua base operacional o mapeamento cognitivo; e a avaliação multicritério, com recurso ao BWM. São ainda expostas as principais vantagens e limitações destas metodologias no contexto em análise.
- O *Capítulo 4* materializa a componente empírica do estudo, no qual se demonstra a aplicabilidade das ferramentas metodológicas utilizadas para o desenvolvimento do modelo de avaliação da digitalização urbana. Assim sendo, este capítulo descreve

detalhadamente as duas sessões com o painel de especialistas, destacando-se os seguintes procedimentos: (1) estruturação da problemática através da definição dos critérios relevantes para avaliar a digitalização urbana e, posteriormente, elaboração do mapa cognitivo; (2) aplicação do método BWM com o intuito de serem obtidos os pesos dos critérios; e (3) avaliação das capitais de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores, de forma a criar um *ranking* de alternativas e de se formularem sugestões de melhoria para cada cidade. No final, são apresentados os resultados obtidos e a respetiva análise, assim como retratadas as sessões de validação com elementos neutros ao processo.

- O *Capítulo 5* contempla a conclusão do estudo, na qual se expõem os principais resultados e limitações, os contributos teóricos e reflexões práticas sobre o modelo elaborado para avaliar a digitalização urbana. Para finalizar, são sugeridas linhas para investigação futura.

## **1.5. Principais Resultados Esperados do Estudo**

Dado que a presente dissertação visa a criação de um sistema de avaliação da digitalização urbana holístico e transparente, espera-se que, no final, seja exequível a identificação e a classificação dos elementos a ter em consideração na avaliação da digitalização em áreas urbanas. Tal só será possível devido à abordagem MCDA, assente numa lógica construtivista e utilizada na presente dissertação através da utilização integrada do mapeamento cognitivo e do método BWM.

Esta abordagem integrada recorre a um painel de especialistas com um vasto conhecimento e experiência nas diversas áreas da digitalização urbana, onde a discussão e o diálogo são promovidos de forma a aumentar a compreensão da temática em estudo. Após a interação entre os elementos do painel, pretende-se a elaboração de um modelo de avaliação mais informado, coerente, transparente e validado por todos os elementos, no sentido de apoiar a tomada de decisão das cidades. Adicionalmente, espera-se que o modelo desenvolvido seja alvo de validação por entidades habilitadas na temática em questão, com o propósito de ajudar a perceber o seu potencial de aplicabilidade prática. Desta forma, este sistema de avaliação acrescenta valor, uma vez que irá permitir análises mais pormenorizadas (*i.e.*, identificação das áreas de intervenção de uma cidade) e que servirão de suporte para decisões mais informadas, tornando-se uma mais-valia para gestores, planeadores urbanos, decisores políticos e até para a

sociedade em geral. Pretende-se ainda que o modelo resultante seja passível de avaliações semelhantes da digitalização urbana em qualquer lugar do mundo, bem como para demonstrar outra área de aplicabilidade do uso integrado de mapeamento cognitivo com o BWM. Por fim, outro dos resultados esperados com a realização deste estudo é a publicação dos resultados obtidos sob a forma de artigo científico, numa revista científica da especialidade.

Neste segundo capítulo da presente dissertação, o objetivo passa por aprofundar os fundamentos e as abordagens existentes no âmbito da avaliação da digitalização urbana. Como tal, serão desenvolvidos os seguintes tópicos: (1) conceitos e tendências da digitalização e do desenvolvimento urbano; (2) determinantes de digitalização nos meios urbanos; (3) estudos realizados por outros autores; e, por fim, (4) limitações gerais e *gap* existente na literatura. O desenvolvimento deste capítulo é essencial para enquadrar a necessidade de avaliar a digitalização urbana no contexto deste estudo.

#### 2.1. Digitalização e Desenvolvimento Urbano: Conceitos e Tendências

Ao longo dos últimos anos, o objetivo central da ciência – *i.e.*, ampliar os limites do conhecimento e das capacidades intelectuais – manteve-se inalterado (Meissner, Anastasiia, & Dmitry, 2017). Assim, novas ferramentas digitais para recolha, análise e armazenamento de informação e melhoria dos processos de tomada de decisão têm sido desenvolvidas (Meissner *et al.*, 2017). Neste sentido, a evolução das tecnologias de informação e comunicação (TIC) e da economia digital tem tido impacto assinalável nas cidades e nas políticas urbanas (Carlsson, 2004; Carvalho, Van de Berg, Galal, & Teunisse, 2016; Van der Meer & Van Winden, 2003). Esta ideia é reforçada por Allwood (2017, p. 1), que refere que, “*at present, especially in countries with a high degree of technological development, digitalization is very high on the political agenda*”.

A Agenda Urbana para a União Europeia, adotada pelo Pacto de Amesterdão em 2016, define a transição digital como uma prioridade da estratégia da União Europeia (UE) – *i.e.*, Horizonte 2020 – com o propósito de um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo (*cf.* Comissão Europeia, 2016). Algumas das motivações para a transição digital são: (1) acelerar o crescimento económico; (2) agilizar os processos da cidade; (3) melhorar a gestão de recursos; (4) diminuir o custo de serviços; e (5) estimular a competitividade urbana (Ylipulli & Luusua, 2020). Com efeito, a ideia de que as cidades devem retirar proveito das novas tecnologias é defendida de forma generalizada. Devido ao seu rápido progresso no domínio da inovação,



estas proporcionam soluções tecnológicas viáveis para áreas urbanas (Yigitcanlar *et al.*, 2019). O Instituto de *Smart Communities* da Califórnia, por exemplo, foi um dos primeiros a concentrar-se em como é que as cidades podem beneficiar da digitalização (Albino, Berardi, & Dangelico, 2015), informando sobre a forma como uma cidade poderá implementar as TIC.

A Revolução Industrial proporcionou transformações económicas, sociais e tecnológicas, que se têm vindo a concretizar desde a tecnologia do vapor da água até à chegada da atual quarta revolução industrial, que se caracteriza pela aplicação da tecnologia da digitalização (Fatimah, Widiyanto, & Hanafi, 2020). Cada vez mais, dispositivos de alta tecnologia e plataformas digitais estão a ser instituídos com o intuito de aumentar a produtividade, eficiência e sustentabilidade das cidades, bem como melhorar o bem-estar geral da população urbana (Balogun *et al.*, 2020).

Segundo Gray e Rumpe (2015), o termo *digitalização*, que tem vindo a ganhar importância ao longo dos últimos tempos, representa a integração de várias tecnologias em todos os aspetos da vida quotidiana que podem ser digitalizados. De acordo com Stolterman e Fors (2004, p. 689), a digitalização refere-se às “*changes that the digital technology causes or influences in all aspects of human life*”, implicando mudanças a vários níveis, nomeadamente ao: (1) nível de processo, que inclui adoção de novas ferramentas digitais e agilização de processos; (2) nível da organização, disponibilizando novos serviços à medida que se vão descartando práticas obsoletas; (3) nível de negócios, onde se dá uma alteração de papéis e de cadeias de valor nos ecossistemas; e (4) nível da sociedade, onde ocorrem mudanças na estrutura da sociedade (Parviainen, Tihinen, Kääriäinen, & Teppola, 2017).

Mais recentemente, Castro, Fernández e Colsa (2020) enfatizam que a digitalização pode ser percebida como o processo a partir do qual a economia e a sociedade evoluem em torno das tecnologias digitais, proporcionando, assim, novas oportunidades de valor agregado. Deste modo, podemos afirmar que a obtenção de práticas eficazes, eficientes e sustentáveis, por meio da substituição de abordagens tradicionais pelo uso de recursos controlados por computador, está no cerne da digitalização (Balogun *et al.*, 2020). Por conseguinte, não é surpresa que o século XXI seja promovido como o “século das cidades”, verificando-se uma crescente migração da população residente em áreas rurais para meios urbanos (Yigitcanlar & Kamruzzaman, 2018). De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), 55% da população mundial vive, atualmente, em áreas urbanas e a tendência é que esta percentagem aumente para 70% até 2050 (ONU, 2019). Por conseguinte, as cidades desempenham um papel crucial em aspetos sociais, económicos e ambientais em todo o mundo (Albino *et al.*, 2015). Segundo Eremia, Toma e Sanduleac (2017), uma possível explicação para o acelerado crescimento populacional em áreas urbanas reside, por um lado, no facto de estas oferecerem

uma vida melhor aos cidadãos, por meio de melhores empregos, educação, assistência médica e acesso à cultura e, por outro lado, pela fuga dos cidadãos de países pobres ou sob conflitos sociais e militares para os países industrializados. O aumento populacional, a rápida urbanização, a alta dependência de veículos motorizados, a industrialização desregulamentada e a produção de gado em massa fazem com que as cidades sejam confrontadas com inúmeros desafios no que diz respeito ao seu crescimento, *performance* e competitividade (Yigitcanlar & Kamruzzaman, 2015). Como referem Kourtit, Nijkamp e Steenbruggen (2012, p. 229), “*cities form the heart of a dynamic society*”. Nesta perspectiva, as cidades de todo o mundo exibem dinâmicas complexas e encontram-se em constante mudança. Como tal, podemos afirmar que o cenário atual exige que as cidades encontrem maneiras de gerir novos desafios e soluções para lidar com problemas urbanos.

O desenvolvimento das TIC permitiu novas oportunidades para melhorar a vida urbana e a prestação de novos serviços urbanos, uma vez que estas atuam como facilitador na criação de um ambiente comunicacional mais aberto e integrado (Albino *et al.*, 2015; Carvalho, 2015). Isto é, as áreas urbanas estão a ser propositadamente penetradas por tecnologias e infraestruturas digitais de forma a que sejam criadas e desenvolvidas as denominadas *smart cities* (Ylipulli & Luusua, 2019). É neste sentido que muitas cidades estão a substituir gradualmente as atividades tradicionais por atividades *online*, fazendo com que os hábitos de consumo da população mudem ao longo do tempo. Com efeito, é cada vez mais visível a incorporação de sensores em infraestruturas urbanas, assim como o uso de câmaras com o intuito de monitorizar movimentos, evitar congestionamentos, intervir em desastres naturais, reduzir o desperdício e, acima de tudo, fazer com que as cidades se tornem mais eficientes. Assim, a população urbana torna-se produtora de dados, já que todos os seus movimentos, ações e emoções são facilmente recolhidos, analisados e, posteriormente, utilizados para favorecer tanto empresas como governos (Ylipulli & Luusua, 2020). A digitalização compromete-se a impactar as cidades, transformando empregos e mudando o estilo de vida dos cidadãos (Balogun *et al.*, 2020).

O conceito *smart city* é recente, tendo surgido na década de 1990 – *i.e.*, época em que o foco estava na importância das novas TIC em relação às modernas infraestruturas nas cidades (Albino *et al.*, 2015) –, através do encadeamento entre desenvolvimento urbano, avanço tecnológico, inovação e globalização. Para Batty *et al.* (2012), uma *smart city* é uma cidade na qual as TIC se incorporam com as infraestruturas tradicionais, coordenadas e integradas, usando novas tecnologias digitais com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos habitantes urbanos. De acordo com Susanti, Soetomo, Buchori e Brotosunaryo (2016), o termo *smart city* surgiu por meio de duas circunstâncias dinâmicas, nomeadamente: (1) aprimoramento do

desenvolvimento tecnológico; e (2) necessidades dos cidadãos que, atualmente, são mais ativos e exigentes. Marsal-Llacuna, Colomer-Llinàs e Meléndez-Frigola (2015) são da opinião que as *smart cities* têm o propósito de melhorar o desempenho urbano, usando dados e TIC que visam o fornecimento de serviços mais eficientes aos cidadãos, assim como a monitorização e a otimização de infraestruturas existentes, o aumento da colaboração entre diferentes atores económicos e, por último, a estimulação de modelos de negócios inovadores em ambos os setores público e privado. Neste sentido, Caragliu, Bo e Nijkamp (2011, p. 70) acreditam que “*a city [tends] to be smart when investments in human and social capital and traditional (transport) and modern (ICT) communication infrastructure fuel sustainable economic growth and a high quality of life, with a wise management of natural resources, through participatory governance*”.

Na perspetiva de Eremia *et al.* (2017), as TIC assumem um papel indispensável para as *smart cities*, uma vez que: (1) possibilitam a utilização eficiente de infraestruturas e melhoram o desenvolvimento sustentável a nível económico, social e cultural; (2) envolvem os cidadãos e a administração local por meio de um sistema de *e-participation*; e (3) estimulam a aprendizagem através da experiência, adaptação e inovação com o intuito de reagir de forma mais eficiente e intuitiva em períodos de mudança. Reforçando esta lógica, Zuccalà e Verga (2017) defendem que uma *smart city* é um centro urbano sustentável, no qual todos os aspetos da vida urbana são sustentados por TIC e controlados de forma eficiente, por meio de ações integradas que envolvem edifícios, sistemas de energia, mobilidade, mudanças climáticas, qualidade da água e do ar, etc. Ou seja, as *smart cities* utilizam a tecnologia de forma a gerar soluções para desafios ecológicos, sociais, económicos e de gestão (Yigitcanlar & Kamruzzaman, 2018).

Face ao exposto, é possível constatar que a digitalização urbana ganha vida por meio de dados gerados por diversas tecnologias. Após a recolha e análise destes dados, é possível um melhor planeamento de áreas urbanas, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento de *smart cities* (Balogun *et al.*, 2020). Segundo Nikoloudis, Aravossis, Strantzali e Chrysanthopoulos (2020), o planeamento do desenvolvimento urbano refere-se ao processo a partir do qual se dá a criação de políticas de longo prazo para determinada região. Dado que as cidades são sistemas altamente complexos, é crucial que os formuladores de políticas, gestores e planeadores urbanos adotem uma abordagem holística. Ou seja, o foco destes não pode incidir apenas em aspetos socioeconómicos, devendo também haver uma preocupação com a sustentabilidade (Yigitcanlar *et al.*, 2019; Yigitcanlar & Kamruzzaman, 2015). Isto porque, segundo Rode e Burdett (2011), muitos problemas de sustentabilidade urbana têm como origem

a má gestão, claramente associada a um mau planeamento das cidades. Assim, as cidades só podem ser consideradas verdadeiramente *smart* quando investem simultaneamente no crescimento do capital humano, social e ambiental. Só esta visão holística pode ajudar na construção de um desenvolvimento urbano sustentável (Yigitcanlar *et al.*, 2019).

A digitalização permeia um vasto leque de domínios urbanos, cujo propósito é adicionar valor às necessidades dos residentes. Ou seja, é imprescindível o fornecimento de serviços eficientes, a monitorização e a otimização das infraestruturas já existentes e o encorajamento de novos modelos de negócio (Albino *et al.*, 2015). Neste sentido, Mohanty, Choppali e Kougianos (2016) expõem as componentes que integram as *smart cities*, nomeadamente: (1) *smart infrastructure and buildings*; (2) *smart transportation*; (3) *smart energy*; (4) *smart healthcare*; e (5) *smart technology*.

A primeira componente – *i.e.*, *smart infrastructure and buildings* – diz respeito a tudo aquilo que for físico, elétrico, digital e que seja considerado infraestrutura. Por exemplo, sistemas de trânsito, semáforos, redes rodoviária e ferroviária, sistemas de resíduos, fornecimento de água, gás e luz, pontes, apartamentos e moradias. Quando comparada com uma infraestrutura clássica, a *smart infrastructure* revela-se mais eficiente, segura, protegida e tolerante a falhas. Quanto aos *smart buildings*, estes tanto podem ser considerados como parte integrante da *smart infrastructure*, como também uma componente independente de uma *smart city*. Estes conectam-se facilmente a outros edifícios, a pessoas, à tecnologia, ao ambiente global e a *smart power grids*. Como vantagens dos *smart buildings*, é relevante destacar: (1) decisões baseadas em dados para operações de alta eficiência e baixo custo; (2) maior utilização de recursos; (3) identificação e gestão de risco; e (4) sustentabilidade (Mohanty *et al.*, 2016).

A segunda componente – *i.e.*, *smart transportation* – é executável através do uso das TIC e do processamento de dados em tempo real. Esta materializa-se por meio da construção de redes aéreas globais, redes ferroviárias interurbanas, ciclovias e caminhos pedestres protegidos e transporte público integrado, seguro, rápido, económico e confiável. Tendo em conta que o setor dos transportes é responsável por inúmeros e significativos impactos ambientais e sociais (McCormick, Anderberg, Coenen, & Neij, 2013), a *smart transportation* viabiliza eficiência, uma vez que “*vehicle traffic is obviously managed dynamically and in real-time with constant exchange of information between flow management (traffic lights, car parks, public transport) and drivers who have traffic information, car seats available, saving time and fuel and contributing to the reduction of road congestion and emissions*” (Balducci & Ferrara, 2018, p. 395). O uso de aplicações como a *Uber* são um exemplo de *smart transportation*, pois através

destas é possível contratar um serviço de transporte privado e ter acesso às informações e à localização exata do motorista.

Quanto à terceira componente, que integra as *smart cities – i.e., smart energy* –, esta consiste na integração de diversas fontes de energia sustentáveis com uma distribuição eficiente e com um consumo de energia otimizado (Mohanty *et al.*, 2016).

Relativamente à quarta componente – *i.e., smart healthcare* –, é relevante mencionar que a “saúde” é uma indústria claramente urbana e que, ao longo do tempo, tem crescido em torno da prevenção e da gestão pessoal, alimentada por novas tecnologias. Com recursos limitados e uma procura cada vez maior, os cuidados de saúde tradicionais têm de ser *smart*, eficientes e sustentáveis. Desta forma, a digitalização tem impacto também neste setor, uma vez que: (1) permite o acesso à gestão e à distribuição da saúde de forma mais eficiente; (2) proporciona serviços, tais como *e-health*, que facilitam o aconselhamento e exames médicos a partir de casa (particularmente importante para idosos e pessoas com dificuldades motoras); e (3) é responsável por tecnologias que asseguram que a população viva de forma ativa e independente por um maior período de tempo (Van Winden & Carvalho, 2015).

Por fim, a quinta componente – *i.e., smart technology* – revela-se fundamental para o desenvolvimento, implementação e operacionalização de uma *smart city*. É composta por uma variedade de tecnologias como o *Wi-Fi* e o *Near Field Communication* (NFC), entre outras (Mohanty *et al.*, 2016).

Beretta (2018), Lombardi, Giordano, Farouh e Yousef (2012) e Vinod Kumar e Dahiya (2017), entre outros, retratam uma *smart city* através de seis características centrais, nomeadamente: (1) *smart economy*; (2) *smart mobility*; (3) *smart environment*; (4) *smart people*; (5) *smart living*; e (6) *smart governance*. A primeira característica – *i.e., smart economy* – compreende fatores em torno da competitividade económica, como, por exemplo: empreendedorismo; inovação; produtividade; flexibilidade do mercado de trabalho; marcas registadas; e integração no mercado (inter) nacional. A segunda característica – *i.e., smart mobility* – inclui aspetos como: sistemas de transporte modernos e sustentáveis; acessibilidade local e internacional; e disponibilidade das TIC. Quanto à terceira característica das *smart cities – i.e., smart environment* –, é caracterizada por ausência de poluição, espaços verdes, proteção animal e gestão de recursos. A quarta característica – *i.e., smart people* – sugere uma população inclusiva, com acesso à educação e à formação, que promova a criatividade e a inovação. Relativamente à quinta característica – *i.e., smart living* –, traduz-se num vasto leque de aspetos relacionados com a qualidade de vida, tais como: cultura; saúde; segurança; habitação; e turismo. Por fim, a sexta característica defendida pelos autores – *i.e., smart governance* –,

compreende serviços para cidadãos, participação política e funcionamento da administração urbana.

Adicionalmente, a digitalização urbana tem um papel importante também no Turismo, que representa um setor significativo da economia urbana de grande parte dos países. De forma a gerir o fluxo de turistas, é crucial o uso e posterior análise de informações em tempo real acerca de mobilidade, câmaras de segurança, bilhetes vendidos para os principais pontos turísticos e reservas feitas em plataformas como o *Booking*, *Airbnb* e *Uber* (Van Winden & Carvalho, 2015).

Segundo Kitchin (2016), os movimentos em direção às *smart cities* têm vantagens e desvantagens. Numa perspetiva social, a digitalização permite uma maior participação cívica, na medida em que há um acesso mais facilitado a informações por parte dos cidadãos. Através de dispositivos móveis, mais especificamente da aplicação *e-governance* (Albino *et al.*, 2015), os cidadãos conseguem contribuir para o desenvolvimento de novas medidas para a resolução de problemas urbanos (Finger & Razaghi, 2017). O relatório da ONU (2019) vem reforçar esta ideia, salientando que a digitalização assegura a transparência de dados, algo que possibilita uma tomada de decisão descentralizada. Por outro lado, vários autores argumentam que a digitalização poderá também contribuir para a divisão digital (Balogun *et al.*, 2020). Isto é, normalmente a população rica e instruída tem uma maior literacia digital, algo que contribui para uma maior facilidade em participar. A maioria dos idosos não está familiarizada com o digital e, desta forma, não tem oportunidade de expressar a sua opinião. Ainda neste contexto, Allwood (2017) reforça a ideia de que a digitalização urbana é apenas parcial. Não obstante, os fatores culturais de alguns países representam também um obstáculo para a transformação digital (Balogun *et al.*, 2020).

De acordo com Brynjolfsson e McAfee (2014), a procura por trabalhos rotineiros, sejam cognitivos ou manuais, tem caído drasticamente desde que a digitalização foi posta em prática. Isto acontece porque, atualmente, os trabalhos rotineiros são facilmente substituídos por serviços digitais, *robots* e algoritmos, fenómeno este designado de “desumanização” (Allwood, 2017). Posto isto, podemos afirmar que as habilidades digitais têm cada vez mais importância e, como tal, as cidades devem analisar de que forma é que o mercado de trabalho está a mudar, através das TIC, assim como quais serão as habilidades necessárias futuramente, de forma a que haja um planeamento urbano eficiente. Contudo, parece evidente a necessidade de um equilíbrio entre abordagens digitais e tradicionais, uma vez que a adoção da digitalização resulta em diversos problemas cognitivos. Estes problemas têm como origem o abandono do treino tradicional básico e resultam numa perda de habilidades. Assim sendo, é importante o

desenvolvimento contínuo das capacidades cognitivas de todos os cidadãos, dado que a extrema dependência da tecnologia é vista como uma desvantagem das *smart cities*. Com efeito, a tecnologia tem potencial para ocasionar vício, depressão, ansiedade, perda de habilidades e impedimento à inovação por parte da população (Allwood, 2017; Balogun *et al.*, 2020; Yigitcanlar & Kamruzzaman, 2018).

A geração de dados está a crescer e, cada vez mais, as cidades dependem desses dados. Posto isto, a sua proteção e segurança tornam-se num dos objetivos primordiais das áreas urbanas. As cidades têm à sua responsabilidade o investimento em profissionais de tecnologia para o desenvolvimento de estruturas eficazes, para que seja possível selecionar quem pode recolher dados e, posteriormente, os utilizar. Estruturas eficazes servem também para proteger os serviços públicos de possíveis *hacks* (Van Winden & Carvalho, 2015). Os empreendedores individuais e *startups* possuem um papel importante na digitalização urbana, visto que se tratam de criadores de novos negócios, tendo potencial para ajudar empresas já existentes, sejam grandes ou pequenas e médias empresas, a inovar para que não percam competitividade (Van Winden & Carvalho, 2015).

Identificados e compreendidos os principais conceitos e tendências no âmbito da digitalização e desenvolvimento urbano, no seguinte ponto procurar-se-á especificar os determinantes da digitalização nos meios urbanos.

## **2.2. Determinantes de Digitalização nos Meios Urbanos**

Recentemente, as tecnologias emergentes têm atraído interesse de vários autores devido à sua difusão e velocidade de avanço (Bonaccorsi, Chiarello, Fantoni, & Kammering, 2020). Segundo Frenken e Schor (2017), o fenómeno da digitalização evidencia-se por meio do crescimento da disponibilidade e da produção de dados. Allam e Dhunny (2019) afirmam que, cada vez mais, as áreas urbanas dão uso a tecnologias especializadas, com o propósito de tratar um vasto leque de questões relacionadas com a sociedade, ecologia e outras. As TIC permitem a geração de dados em basicamente todos os setores de atividade, algo que se revela bastante relevante para a tomada de decisão informadas e, conseqüentemente, para uma melhor gestão e planeamento urbano, através da formulação de políticas adequadas.

De acordo com o relatório disponibilizado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) (ver OCDE, 2014), a Internet mais rápida e os seus preços mais baixos, bem como o surgimento de dispositivos cada vez mais inteligentes, têm

sido os principais impulsionadores de novas aplicações e do uso intensivo de dados móveis. Além disso, o aumento exponencial do acesso à banda larga, por parte dos cidadãos, assim como a proliferação dos dispositivos móveis na sociedade, deu origem a uma mudança na forma como a população se move, comunica, acede à informação e faz compras (OCDE, 2014). Ou seja, houve claramente uma mudança nos padrões de consumo da sociedade. Segundo a ONU (2019), o uso de tecnologias digitais, (*i.e.*, dispositivos móveis, sensores, câmaras e *Global Positioning System* (GPS)), é responsável pelo crescimento significativo da geração de dados de qualidade. Algumas das formas mais comuns de geração de dados pelos próprios cidadãos são a partilha de conteúdos nas redes sociais e as informações que cada dispositivo móvel grava automaticamente (Finger & Razaghi, 2017; OCDE, 2015). Na perspetiva de Finger e Razaghi (2017), a digitalização é constituída por três componentes, nomeadamente: (1) *data generation*; (2) *data connection*; e (3) *data analysis*.

A primeira componente – *i.e.*, *data generation* – refere à recolha de dados a partir das mais diversas fontes (*e.g.*, câmaras, sensores, *Radio-Frequency Identification* (RFID) e GPS), incluindo geração de dados pelos próprios indivíduos através dos seus dispositivos móveis, que estão constantemente a gerar e a transmitir informação. No âmbito dos sistemas de infraestrutura urbana, *data generation* significa equipar as diferentes estruturas, assim como os seus utilizadores, com dispositivos de recolha de dados, algo que contribui para que as cidades tenham à sua disposição inúmeros dados valiosos sobre os seus habitantes a um baixo preço (Ylipulli & Luusua, 2020). É neste contexto que surge o fenómeno intitulado de *Internet of Things* (IoT), onde os dados são gerados através das “*Things*”, que estão conectadas à Internet via *World Wide Web*. Assim, o aumento da conectividade desencadeou exponencialmente a criação de dados (Allam & Dhunny, 2019). Para Atzori, Iera e Morabito (2017), o termo IoT foi associado a conceitos, tecnologias e soluções muito diferentes, desde o seu surgimento na comunidade científica. Ainda assim, os autores acreditam que a melhor definição desse termo é: “*a conceptual framework that leverages on the availability of heterogeneous devices and interconnection solutions, as well as augmented physical objects providing a shared information base on global scale, to support the design of applications involving at the same virtual level both people and representations of objects*” (Atzori *et al.*, 2017, p. 137). Em jeito de complementaridade, Sestino, Prete, Piper e Guido (2020, p. 2) referem que “*whereas the term “Internet” refers to a virtual network-oriented vision of technology, the term “Things” emphasizes the objects that can be integrated into a technological framework*”. Posto isto, a IoT possibilita que os dispositivos estejam conectados, a gerar e a transmitir uma exponencialidade de dados, algo que viabiliza a partilha de dados em tempo real. Hoje em dia,



a IoT é crucial para várias aplicações nas *smart cities*, tais como: *smart industry*, *smart transportation* e *smart manufacturing* (Singh, Jeong, & Park, 2020).

A segunda componente integrante da digitalização – *i.e.*, *data connection* – diz respeito à Internet, que opera como uma infraestrutura sobre a qual a *World Wide Web* foi desenvolvida nos últimos anos. A *World Wide Web* e Internet combinadas tornam todos os dados disponíveis e acessíveis globalmente (Finger & Razaghi, 2017).

Por fim, a capacidade de lidar com enormes quantidades de dados – *i.e.*, *data analysis* – apresenta-se como sendo a terceira – e última – componente que integra a digitalização. A análise de dados pode ser feita por meio de várias tecnologias abrangidas pela Indústria 4.0, tais como a Inteligência Artificial (IA) e *Big Data*. Através da tecnologia *Big Data* – termo utilizado para a conjugação de grandes volumes de dados com técnicas analíticas – é possível a transformação de dados em informação (Castro *et al.*, 2020). Assim, as cidades conseguem obter *insights* mais ricos e profundos para que mantenham a sua competitividade. Volume, velocidade e variedade são as principais componentes que caracterizam a tecnologia *Big Data*, que, em conjunto, permitem a identificação de alvos de intervenção mais eficazes. Como resultado, podemos contar com melhores previsões, tomada de decisões mais eficiente e, assim, uma melhor gestão das áreas urbanas (McAfee & Brynjolfsson, 2012). A IA, na ótica de Bai, Dallasega e Orzes (2020), é uma área da ciência da computação que enfatiza o desenvolvimento de máquinas inteligentes que funcionam e reagem como humanos, como por exemplo *drones*. Ou seja, a IA refere-se ao portfólio de tecnologias e sistemas computacionais baseados em algoritmos e em dados, que preparam as máquinas com capacidades digitais, como: percepção; raciocínio; aprendizagem; e, até, tomada de decisão (Castro *et al.*, 2020). Tal como a tecnologia *Big Data*, a IA tem como propósito a interpretação de dados e a consequente tomada de decisão. Tomando o exemplo dos *drones*, estes podem servir para apoiar a gestão no controlo de tráfego urbano.

Combinando as duas primeiras componentes da digitalização apresentadas anteriormente (*i.e.*, *data generation* e *data connection*), as infraestruturas urbanas serão geridas de forma mais eficiente. Os numerosos dados recolhidos através dos vários dispositivos contribuem significativamente para várias aplicações nas cidades, tais como: *smart water*; *smart grid*; *smart buildings*; *smart transport*; e *smart waste*. A terceira componente da digitalização – *i.e.*, *data analysis* – tem também ligação com as cidades, na medida em que, devido aos dados gerados e à posterior análise dos mesmos, é possível oferecer novos serviços, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento das *smart cities*. Deste modo, podemos afirmar que a digitalização

disponibiliza oportunidades completamente novas, para que os sistemas urbanos sejam geridos da melhor forma possível.

Mais recentemente, Allam e Dhunny (2019) salientam que tecnologias como a IA estão a ganhar cada vez mais força e a sua integração na gestão das cidades revela-se bastante promissora. Apesar da geração de inúmeros dados provocar bastantes preocupações, nomeadamente relativas à confiabilidade e ética, este avanço tecnológico é também responsável por diversos benefícios nas cidades. Como referido anteriormente, com a instalação de sensores, núcleos computacionais e diferentes sistemas de telecomunicação, as cidades estão a ficar cada vez mais digitalizadas. A interconexão de sistemas por meio da IoT faz com que a IA seja capaz de recolher e, posteriormente, analisar os dados mais rapidamente para identificar problemas urbanos atuais, emergentes e até mesmo futuros. Assim sendo, esta tecnologia revela-se de extrema importância, pois auxilia o planeamento e a gestão urbana, através de ações apropriadas e orientadas para o cidadão. Além disso, o processamento de dados recorrendo à IA tem potencial para melhorar as dimensões de habitabilidade, por intermédio de limpeza, saúde e ambientes favoráveis, para que os cidadãos vivam e trabalhem sem terem de lidar com obstáculos como a poluição e o congestionamento. Este ambiente construído através da implementação da IA é capaz de suportar *smart services*, que se caracterizam por serem responsivos, convenientes e em tempo real.

Vários têm sido os investigadores e as entidades governamentais que têm mostrado interesse em expandir o estudo da avaliação da digitalização urbana. Neste sentido, considera-se necessário compreender e analisar os estudos já existentes, tendo em consideração os seus contributos e as suas principais limitações, no sentido de encontrar “espaço” para o modelo a propor nesta dissertação.

### **2.3. Estudos Relacionados**

De acordo com Currid (2006), as cidades são os centros de inovação que impulsionam o desenvolvimento económico do mundo. Portanto, os esforços realizados com o intuito de tornar as cidades *smart* são cada vez mais significativos, uma vez que estas têm potencial para fornecer soluções para os desafios que o mundo enfrenta. Torna-se então evidente a necessidade de avaliação da digitalização urbana, utilizando estruturas de avaliação robustas. A esse respeito, vários são os estudos realizados por diversos autores, com o propósito de demonstrar a

contribuição das tecnologias digitais para o alcance de uma melhor qualidade de vida para os residentes das cidades.

Numa fase inicial, e com o intuito de avaliar o desempenho das *smart cities*, Lombardi *et al.* (2011) propuseram um modelo denominado de *Extended Triple Helix Model*. Este modelo inclui cinco dimensões do ambiente urbano, nomeadamente: (1) desenvolvimento económico; (2) meio ambiente; (3) capital humano; (4) cultura e lazer; e (5) *e-governance*, e apresenta-se como um quadro de referência para a análise de sistemas de inovação baseados no conhecimento, relacionando as múltiplas e recíprocas relações entre as três principais agências no processo de criação e capitalização do conhecimento: universidade, indústria e governo. Ainda assim, os resultados obtidos destacaram a importância de analisar as várias dimensões do ambiente urbano para ser possível avaliar o desempenho de uma cidade. Posteriormente, Lombardi *et al.* (2012) adicionaram um novo agente de criação de conhecimento – *i.e.*, sociedade civil – a fim de ligar a avaliação das componentes da *smart city* e as três hélices principais do modelo, criando, desta forma, uma estrutura de tripla hélice modificada. Como resultado, para cada um dos quatro agentes de inovação, Lombardi *et al.* (2012) propuseram indicadores de uma *smart city*, de acordo com os cinco *clusters* mencionados no ponto 2.1 (*i.e.*, *smart economy*; *smart environment*; *smart people*; *smart living*; e *smart governance*).

Bakici, Almirall e Wareham (2013) basearam-se na cidade de Barcelona com a finalidade de analisar a sua transformação digital. Barcelona, cidade altamente urbanizada, é vista como um excelente caso de análise devido às suas constantes reformas urbanas para se tornar numa *smart city* líder entre as cidades europeias. Iniciativas em direção à *smart city* foram necessárias porque havia deficiências no planeamento urbano anterior, essencialmente relativas a questões ambientais, de habitação e de resíduos, transporte e energia. Posto isto, o objetivo geral do modelo de *smart city* de Barcelona é usar as TIC de forma a promover a inovação, criar novos canais de comunicação, facilitar o acesso à informação local e internacional e melhorar a eficiência dos serviços públicos. Isto é, fomentar a competitividade da cidade. As principais iniciativas do modelo de *smart city* de Barcelona agrupam-se em quatro tópicos principais: (1) *smart governance*, que visa fornecer um melhor acesso à informação governamental; (2) *smart economy*, que compreende a criação de um ambiente de inovação e de um conceito *Triple Helix*, onde empresas, faculdades e cidadãos podem interagir e colaborar uns com os outros; (3) *smart living*, que tem como finalidade a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, por meio da adoção de novas tecnologias (*e.g.*, redesenhar as infraestruturas tradicionais para facilitar a integração das TIC ao nível do transporte, educação, saúde, entre outros); e (4) *smart people*, que envolve programas de treino para a alfabetização digital. Como principais resultados,

Bakici *et al.* (2013) destacam que a transformação geral da cidade de Barcelona numa *smart city* progrediu com sucesso, sendo que esta já é amplamente reconhecida como uma cidade líder em iniciativas de *smart city* em toda a Europa.

O estudo realizado por Ozkaya e Erdin (2020) teve como objetivo determinar as prioridades das dimensões que compõem as *smart cities* e dar uma ideia sobre que áreas necessitam de ser investidas e desenvolvidas durante o planeamento das *smart cities*. O estudo abrange 44 cidades a nível mundial e os seus resultados enfatizam que “*smart living*” é a dimensão mais importante (*i.e.*, as cidades devem priorizar esta dimensão), sendo que a dimensão “*smart governance*” é a menos importante. Carli, Dotoli, Pellegrino e Ranieri (2013) propuseram uma estrutura bidimensional incluindo o grau de objetividade das variáveis observadas e o nível de avanço tecnológico para recolha de dados, tendo como fim a classificação de indicadores de desempenho para as *smart cities*. Por conseguinte, é possível auxiliar os decisores políticos na identificação das tecnologias que podem ser adotadas para medir e monitorizar uma *smart city* de forma inteligente, algo que resultará na adoção de ações adequadas para a gestão e planeamento de uma cidade.

Tal como referido por Huovila, Airaksinen, Pinto-Seppa e Piira (2017), as cidades estão a recorrer a soluções de *smart city* com o intuito de ultrapassar uma diversidade de desafios económicos, sociais e ambientais. Posto isto, parece evidente a importância dos sistemas de avaliação, na medida em que é relevante comprovar que estas soluções estão realmente a ter o impacto desejado. Nesse sentido, Huovila *et al.* (2017) desenvolveram uma estrutura de avaliação para as *smart cities* – denominado CITYkeys – assente em indicadores baseados na análise das cidades, indicadores e lacunas existentes. O projeto CITYkeys tem como propósito acelerar a transição para as *smart cities*, facilitar a aprendizagem das partes interessadas e monitorizar o progresso por meio de uma estrutura de avaliação transparente. Ou seja, esta estrutura permite definir, monitorizar e comparar a implementação de soluções de *smart cities*.

A digitalização urbana deu esperança a muitos planeadores urbanos, no sentido de que, através desta, é possível atingir metas climáticas (Yigitcanlar *et al.*, 2019). Posto isto, Balogun *et al.* (2020) realizaram um estudo com o propósito de avaliar o potencial da digitalização na mitigação das mudanças climáticas, contribuindo, assim, para o aumento da capacidade de adaptação e de resiliência das áreas urbanas. Neste sentido, foram selecionados nove casos de estudo de cidades localizadas nos seis continentes, tendo havido especial atenção para que todas estas cidades usassem a digitalização de forma a lidar com adversidades semelhantes. Os resultados deste estudo enfatizam que, através da integração de conceitos associados à digitalização, tais como dispositivos móveis e análise de dados por meio da tecnologia *Big*

*Data*, foi possível a criação de um sistema de alerta de desastres naturais mais eficaz. Com efeito, verificou-se que, através do envolvimento dos cidadãos, é facilitada a comunicação de informação, algo que contribui para que o tempo de resposta seja menor, minimizando, desta forma, os impactos provocados pelas mudanças climáticas. No *Quadro 2.1* é apresentada uma síntese de alguns estudos realizados, com o propósito de fazer um levantamento dos seus contributos e das suas principais limitações na área da avaliação da digitalização urbana.

Autor	Método	Contributos	Principais Limitações
Lombardi <i>et al.</i> (2011)	<i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite identificar quais as componentes que uma <i>smart city</i> deve considerar para gerar capital intelectual e aprendizagem social;</li> <li>▪ Oferece uma análise mais profunda das inter-relações entre as componentes das <i>smart cities</i>, incluindo os capitais humano, social e intelectual que conectam os três pilares da <i>Triple Helix</i>;</li> <li>▪ Proporciona uma representação mais realista para auxiliar os formuladores de políticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O estudo não clarifica qual o processo a percorrer para que uma cidade se torne <i>smart</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>, privilegiando os indicadores de <i>performance</i>;</li> <li>▪ Fácil aplicação do método criado;</li> <li>▪ Oferece uma representação mais realista para auxiliar os formuladores de políticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O estudo não tem em conta características referentes à sustentabilidade ecológica ao avaliar as <i>smart cities</i>;</li> <li>▪ Alto número de indicadores e, conseqüentemente, elevado número de comparações entre pares, algo que exige bastante tempo para que se chegue a um resultado.</li> </ul>
Bakici <i>et al.</i> (2013)	<i>Case Study</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fornece uma visão contemporânea do modelo de <i>smart city</i> de Barcelona;</li> <li>▪ Serve como orientação para profissionais e formuladores de políticas de outras cidades que se pretendem tornar <i>smart</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O modelo cinge-se a uma cidade específica, algo que não permite a sua generalização a outros contextos.</li> </ul>
Carli <i>et al.</i> (2013)	Levantamento de dados primários por meio de <i>data mining</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Permite reconhecer a importância não só de indicadores objetivos, como também indicadores subjetivos;</li> <li>▪ Utiliza a perspectiva humana e o controlo tecnológico como ponto fulcral para classificar e selecionar os indicadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo concebido apenas para a fase de desenvolvimento de uma <i>smart city</i> e de forma a complementar outras ferramentas de análise.</li> </ul>

Huovila <i>et al.</i> (2017)	Case Study e ISO37120	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CITYkeys tem como foco abordagens inovadoras, destacando-se assim como uma estrutura de avaliação distinta;</li> <li>▪ Oferece uma especificação das necessidades das cidades europeias na avaliação de <i>smart cities</i>;</li> <li>▪ Oferece uma compilação de indicadores já existentes e construção de novos indicadores para preencher as lacunas existentes;</li> <li>▪ Permitiu o desenvolvimento de um sistema protótipo para recolha, processamento e visualização de KPIs (<i>Key Performance Indicators</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O modelo apresenta um número de indicadores limitado;</li> <li>▪ Má acessibilidade dos dados;</li> <li>▪ O estudo apenas abrangeu 20 cidades europeias.</li> </ul>
Balogun <i>et al.</i> (2020)	Desk Research Method e Case Study	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oferece percepções valiosas sobre os potenciais da digitalização como facilitador da adaptação às mudanças climáticas nos centros urbanos existentes e futuros;</li> <li>▪ Apresenta novas maneiras de enfrentar o desafio da urbanização global face a um clima em mudança por meio da digitalização;</li> <li>▪ Algumas descobertas são bastante gerais, com aplicações potenciais para outras áreas além de mudanças climáticas ou cidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abordagens colaborativas mais fortes são necessárias para as cidades atuais e futuras;</li> <li>▪ A natureza em rápida mudança de transformação digital e da Indústria 4.0 não é considerada;</li> <li>▪ O estudo não avaliou inteiramente todos os casos de digitalização em adaptação às mudanças climáticas em todo o mundo.</li> </ul>
Ozkaya & Erdin (2020)	ANP e <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i> (TOPSIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Auxilia as cidades a compreender a sua situação em relação a outras cidades e, portanto, permite que os formuladores de políticas visualizem em que áreas devem atuar;</li> <li>▪ A metodologia permite uma comparação eficaz e fácil de entender entre as grandes cidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A aplicação da metodologia ANP, mais especificamente o processo de obtenção e processamento de matrizes pareadas é bastante longo.</li> </ul>

**Quadro 2.1: Métodos de Avaliação da Digitalização Urbana: Contribuições e Limitações**

Através do *Quadro 2.1*, depreende-se que cada autor utiliza diferentes processos para avaliar a digitalização urbana. Além disso, conseguimos também constatar que são vários os contributos que os estudos e as metodologias realizadas nesta área têm vindo a apresentar. No entanto, nenhum dos estudos apresentados está isento de limitações e, nessa perspetiva, a chegada de novos métodos tem vindo a revelar-se significativa para uma avaliação tendencialmente mais diversificada e eficaz da digitalização urbana. No ponto seguinte, são expostas as limitações gerais e o *gap* encontrado na literatura.

#### **2.4. Limitações Gerais e *Gap* na Literatura**

Como constatado, a digitalização é uma megatendência e, como tal, a sua aplicação e avaliação em diversos campos ainda está numa fase inicial. Cada vez mais, os sistemas de avaliação da digitalização urbana estão a receber mais interesse por parte de gestores, planeadores urbanos e decisores políticos, dado que “*the innovative use of various high-tech concepts [...] can aid sustainable urbanization by enhancing an environmentally viable economy in present and future cities and thus solve socio-economic and environmental problems*” (Balogun *et al.*, 2020, p. 10). Apesar disto, e segundo Albino *et al.* (2015), um sistema de avaliação fixo e universal é difícil de ser alcançado, dada a variedade de características que devem ser consideradas aquando a avaliação da digitalização urbana. Assim, é possível afirmar que a criação de um instrumento de avaliação da digitalização urbana é um processo bastante complexo, mas é crucial, na medida em que direciona as cidades para a realização dos seus objetivos estratégicos.

Tendo em conta os estudos expostos no *Quadro 2.1*, podemos verificar que existem três categorias de limitações genéricas que devem ser tidas em conta na criação de um sistema de avaliação da digitalização urbana, nomeadamente: (1) forma pouco clara como são identificados os determinantes da digitalização em áreas urbanas; (2) falta de análises das relações causais entre esses mesmos determinantes; e (3) ausência generalizada de análises dinâmicas dos determinantes ao longo do tempo. Posto isto, pretende-se, no âmbito da presente dissertação, criar um modelo de avaliação da digitalização urbana, que permita assegurar uma análise mais minuciosa, colmatando algumas das limitações identificadas. Para esse fim, seguindo uma ótica construtivista, serão utilizadas técnicas de mapeamento cognitivo e o *Best-Worst Method* (BWM), que serão abordadas no próximo capítulo.



## SINOPSE DO CAPÍTULO 2

Este segundo capítulo da presente dissertação teve como finalidade fazer o enquadramento da temática da digitalização nas áreas urbanas. Como referido anteriormente, o aumento populacional e a rápida urbanização fazem com que as cidades enfrentem inúmeros desafios no que diz respeito ao seu crescimento, *performance* e competitividade. Posto isto, salientou-se, neste segundo capítulo, o facto de a evolução das TIC e da economia digital ter, cada vez mais, importância e impacto nas cidades, dado que permite a mitigação de muitos problemas urbanos e possibilita uma melhor qualidade de vida para os residentes de áreas urbanas. Neste sentido, a digitalização é uma transição sociotécnica contínua, sendo essencialmente sobre como as novas tecnologias se incorporam na sociedade que se deverá focar parte da discussão. A digitalização promete grandes mudanças na vida urbana, mas nem todas são necessariamente positivas. Assim sendo, parece evidente a necessidade de avaliar de que forma é que as áreas urbanas podem beneficiar da digitalização para ultrapassar alguns dos seus desafios diários. Posteriormente, enumeraram-se as componentes a partir das quais a digitalização é posta em prática em áreas urbanas – *i.e.*, *data generation*, *data connection* e *data analysis* –, onde foram mencionadas algumas das tecnologias que são frequentemente utilizadas neste processo em direção às *smart cities*, tais como: IoT, *Big Data* e IA. Deste modo, ficou evidenciado que a digitalização é responsável por muitas oportunidades para que as cidades sejam geridas da melhor forma possível. Nesta sequência, foram ainda identificados e apresentados alguns estudos relacionados com a digitalização urbana, realizados até à data, tendo sido elaborado o *Quadro 2.1* para apresentar uma síntese dos estudos realizados e fazer um levantamento dos seus contributos e das suas principais limitações. De seguida, foram abordadas as limitações gerais na avaliação da digitalização urbana, que, de forma resumida, se baseiam na: (1) forma pouco clara como são identificados os determinantes da digitalização urbana; (2) falta de análises das relações causais entre esses mesmos determinantes; e (3) ausência generalizada de análises dinâmicas dos determinantes ao longo do tempo. Posto isto, parece significativo o desenvolvimento de novas abordagens para uma avaliação mais diversificada e eficaz da digitalização urbana. Com o propósito de preencher as lacunas acima mencionadas, será criado, no âmbito da presente dissertação, um modelo de avaliação com recurso a mapas cognitivos e à técnica BWM. No próximo capítulo, serão expostos os fundamentos da abordagem multicritério de apoio à tomada de decisão, com a finalidade de identificar os potenciais contributos desta abordagem construtivista na avaliação da digitalização urbana.

Perante a análise realizada no capítulo anterior, aferiu-se que existe um conjunto de modelos de avaliação da digitalização urbana que apresentam limitações metodológicas gerais. Neste sentido, a manifestação de novas abordagens que tentem contornar estas lacunas parece pertinente. Neste terceiro capítulo, será elaborado um enquadramento geral da abordagem multicritério de apoio à tomada de decisão, a fim de identificar os potenciais contributos desta abordagem construtivista no contexto da avaliação da digitalização urbana. Os tópicos aqui tratados são os seguintes: (1) estruturação de problemas multicritério utilizando *Problem Structuring Methods* (PSMs), nomeadamente mapeamento cognitivo; e (2) avaliação multicritério com recurso ao *Best-Worst Method*.

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

A necessidade de processos de apoio à decisão deu origem, em 1935, ao conceito de *Operational Research* (OR). A OR tradicional tem como objetivo proporcionar um maior grau de racionalidade nos processos de apoio à decisão (Ferreira, Santos, & Rodrigues, 2011), estando assente em três características principais: (1) presença de um conjunto bem definido de alternativas viáveis; (2) uma função de valor  $f(x)$  que reflita com precisão as preferências do decisor; e (3) um problema matemático bem formulado (Roy, 1985). Ainda assim, esta abordagem tradicional de resolução de problemas proporciona pouca ajuda na identificação de problemas, uma vez que se encontra fortemente associada ao domínio da análise monocritério, a qual se caracteriza pela procura de uma solução ótima matemática sustentada pela objetividade dos modelos matemáticos e pela consideração de apenas um único critério no processo de decisão (Ferreira, 2011; Ferreira *et al.*, 2011; Rosenhead, 1996). Esta procura incessante por uma só solução ótima levou à suposição de que qualquer outra solução seria pior ou pelo menos equivalente, algo que resultava no descarte de muitas outras boas opções (Belton & Stewart, 2010; Ferreira *et al.*, 2011). Segundo Checkland (1999) e Rosenhead e Mingers (2001), os métodos associados a esta abordagem mais tradicional ficaram conhecidos como métodos *hard* da OR. Posto isto, Keeney (1992, p. 9) refere que “*invariably, existing*

*methodologies are applied to decision problems once they are structured [...] such methodologies are not very helpful for the ill-defined decision problems where one is in a major quandary about what to do or even what can possibly be done*". Por conseguinte, Bana e Costa (1993a), Checkland (1999) e Roy (1985) salientam que a adoção do paradigma *hard* tem consequências epistemológicas desfavoráveis, dado que a sua aplicação no processo de tomada de decisão retrata o seu carácter reducionista e determinista da realidade. É precisamente sob a perspetiva desta linha crítica e dada a crescente complexidade e subjetividade que integram os problemas de decisão que é amplamente reconhecida a importância de uma boa estruturação dos problemas em qualquer contexto (Belton & Stewart, 2010), surgindo deste modo uma nova forma de resolução de problemas complexos (*i.e.*, paradigma *soft* da OR) (Roy & Vanderpooten, 1997). O paradigma *soft* da OR assume um papel complementar ao paradigma *hard*, caracterizando-se por: (1) utilizar múltiplos critérios; (2) promover a discussão e a aprendizagem em todos os processos de decisão; e (3) reconhecer a subjetividade dos problemas complexos (Ferreira *et al.*, 2011). Este novo paradigma foi suficientemente relevante para provar que os algoritmos tradicionais já não constituíam a única ferramenta disponível para apoiar uma decisão (Ferreira, 2011; Ferreira *et al.*, 2011). De facto, "*formal methods are needed to help decision-makers make rational choices; but any formal method has its own pitfalls and limitations, and should not be considered as a universal tool applicable to any decision problem*" (Dubois, 2003, p. 469). O *Quadro 3.1* confronta as principais características do paradigma *hard* com as características do paradigma *soft*.

<b>Paradigma Hard</b>	<b>Paradigma Soft</b>
Otimização	Não-otimização
Elevada quantidade de dados	Necessidade reduzida de dados
Consenso prévio	Simplicidade e transparência
Atitude passiva das pessoas	Atitude ativa das pessoas
Decisor único	Planeamento <i>bottom-up</i>
Abolição das incertezas	Aceitação das incertezas

**Quadro 3.1: Confronto de Características entre o Paradigma *Hard* e o Paradigma *Soft***

*Fonte: Ferreira (2011, p. 71).*

A adoção do novo paradigma esteve na base do desenvolvimento de várias abordagens *soft* (Ferreira *et al.*, 2011), sendo que uma delas manifestou a utilização de múltiplos critérios na

tomada de decisão (Ferreira, 2011). De acordo com Belton e Stewart (2002), esse processo evolutivo desencadeou o aparecimento de duas novas abordagens, nomeadamente: *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) e *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA). A abordagem MCDM tem como objetivo elicitar “*clear subjective preferences from a mythical decision-maker and then try to solve a well-structured mathematical decision problem thanks to a more or less sophisticated algorithm*” (Munda, 2003, p. 4), enquanto que a abordagem MCDA é definida como uma coleção de abordagens formais para auxiliar indivíduos ou grupos a investigar “decisões que importam” de uma forma que leve em consideração vários critérios conflitantes (Belton & Stewart, 2002). O *Quadro 3.2* retrata as principais diferenças entre as abordagens MCDM e MCDA.

MCDM	MCDA
Consideração de múltiplos critérios, mas fortemente vinculada à otimização.	Reconhecimento da presença e necessidade de integração de elementos de natureza objetiva e elementos de natureza subjetiva.
Aceitação de algo pré-existente que permita alcançar a melhor solução.	O principal objetivo é construir ou criar algo (em conjunto com os agentes de decisão) que, por definição, não pré-existe por completo.
Visa analisar um axioma particular, por forma a levar a uma verdade através de normas prescritas.	Visa entender um axioma particular, no sentido de saber o seu significado e o seu papel na elaboração de recomendações.
Não existe a preocupação de fazer com que o agente de decisão compreenda o seu problema, apenas que explicita as suas preferências.	Ajuda a entender o comportamento do agente de decisão, visando argumentos capazes de fortalecer ou enfraquecer as suas próprias convicções.

**Quadro 3.2: Principais Diferenças entre as Abordagens MCDM e MCDA**

*Fonte: Ferreira (2011, p. 76).*

Assim, podemos referir que a principal diferença entre as abordagens apresentadas consiste no facto de a abordagem MCDM não reconhecer os limites da objetividade e, portanto, utilizar apenas métodos quantitativos (*i.e.*, lógica positivista) (Bana e Costa, 1993a). Já a abordagem MCDA reconhece a subjetividade, uma vez que integra informação qualitativa e quantitativa (*i.e.*, lógica construtivista) (Dehe & Bamford, 2015). Como consequência, os processos de tomada de decisão são aprimorados, uma vez que, ao dispor de mais informação, o sentido crítico por parte dos decisores revela-se mais minucioso, algo que proporciona a transparência em todas as fases do processo de tomada de decisão (Ferreira, 2011; Ferreira, 2013). Reforçando esta ideia, Angelis e Kanavos (2017, p. 138) afirmam que os métodos utilizados pela abordagem construtivista “*can be used for quantifying benefits, risks and uncertainties in*

*order to aid the decision-making process, by considering an explicit set of criteria and their relative importance under a fully transparent process”.*

São vários os autores que defendem que a estrutura da abordagem MCDA deve decompor-se em três fases, nomeadamente: (1) *estruturação*; (2) *avaliação*; e (3) *elaboração de recomendações*. Hammond, Keeney e Raiffa (2002), Keeney (1992) e Scheubrein e Zionts (2004) realçam que o início do processo de apoio à decisão é assinalado pelo reconhecimento de uma dada situação problemática e/ou pela deteção de uma oportunidade de ação. Posto isto, é possível retirar que um problema estratégico não se encontra logo definido e estruturado. É neste sentido que a primeira fase – *i.e., estruturação* – é considerada a fase principal no apoio à decisão de um problema complexo (Ferreira, 2011), visando a “*construção de um modelo (mais ou menos) formalizado, capaz de ser aceite pelos atores como um esquema de representação e organização dos elementos primários de avaliação, e que possa servir de base à aprendizagem, à investigação, à comunidade e à discussão interativa com e entre os atores*” (Bana e Costa, 1993b, p. 8). Ou seja, esta fase permite: (1) caracterizar a situação problemática em questão; (2) determinar que elementos serão objeto de avaliação; e (3) estabelecer relações estruturais entre eles (Ferreira, 2011). Em função disso, requer muita atenção, pois uma falha nesta fase “*torna inútil qualquer recomendação em estados mais avançados do processo*” (Bana e Costa, 1993b, p. 9). Contudo, esta fase deve permanecer em aberto ao longo da realização do estudo, de forma a permitir ajustamentos (“*reestruturação*”), ditados por uma progressiva aquisição de informação e por um melhor conhecimento do problema por parte dos atores (Bana e Costa, 1993b). A segunda fase – *i.e., avaliação* – apresenta-se decomposta em três atividades que deverão ser desenvolvidas para se alcançarem os resultados globais do processo de tomada de decisão, nomeadamente: (1) construção de um modelo de preferências locais que possibilite a avaliação parcial das alternativas; (2) determinação das taxas de substituição; e (3) determinação dos impactos das alternativas com base em cada critério (Ferreira, 2011). A terceira e última fase – *i.e., elaboração de recomendações* – visa a identificação das principais vantagens e limitações do modelo construído, bem como a apresentação de sugestões para estudos futuros. É ainda importante acrescentar que esta fase “*não é objeto de procedimentos cientificamente definidos, pois depende do facilitador e do problema que está a ser analisado*” (Ferreira, 2011, p. 111).

Face ao exposto, é plausível referir que o processo de apoio à decisão é composto por indivíduos que, de uma forma direta ou indireta, intervêm na decisão (Ferreira, 2011). De acordo com Mingers (2001), estes indivíduos que atuam na atividade de suporte à decisão são denominados atores e operam tendo em consideração o seu sistema de valores, por meio do

qual manifestam as suas preferências com o propósito de atingirem os seus objetivos. Contudo, importa salientar que, ainda que cada ator possua o seu sistema de valores, este é influenciado tanto pelos sistemas de valores dos demais atores com os quais interage, como pelo próprio ambiente onde todos estão inseridos. Assim sendo, é extremamente importante distinguir os atores em termos das suas funções no processo de decisão (*i.e.*, pelo grau de intervenção de cada um deles e pelo seu poder de influenciar a tomada de decisões). O *Quadro 3.3* apresenta a classificação e a caracterização dos atores que interferem no processo de decisão.

<b>Tipo de Ator</b>	<b>Posição Face ao Processo de Decisão</b>	<b>Relação com a Decisão</b>
<b>Agidos</b>	Caracterizam-se por não possuir voz ativa no processo de apoio à decisão, apesar de poderem influenciá-la indiretamente. <i>E.g.</i> : moradores de determinada rua, estudantes de uma universidade ou funcionários de uma empresa.	Todos aqueles que sofrem as consequências da decisão de forma passiva.
<b>Intervenientes</b>	Tratam-se daqueles atores que, efetivamente, têm um lugar na mesa de negociações.	São todos os indivíduos, corpos constituídos ou coletividades que, por sua intervenção direta e em função do seu sistema de valores, condicionam a decisão.
<b>Decisores</b>	Definem-se como sendo aqueles a quem o processo de decisão se destina. São igualmente atores intervenientes.	Têm o poder e a responsabilidade de ratificar a decisão, assumindo as consequências da mesma.
<b>Facilitador (<i>L'homme d'étude</i>)</b>	Trata-se de um especialista externo que é considerado um interveniente no processo. A sua atividade deverá ser pautada pela clareza, transparência e honestidade intelectual.	O seu papel é importante no processo de decisão, na medida em que contribui para melhorar a comunicação e a procura de uma solução de compromisso entre os atores.
<b>"Demandeur"</b>	Surge, pontualmente, como um intermediário no relacionamento direto entre o decisor e o facilitador.	Este ator existe, por exemplo, quando o decisor é um ministro de Estado. Dado o seu difícil acesso, um assessor direto do ministro pode atuar como intermediário no processo de apoio à decisão.

**Quadro 3.3: Classificação e Caracterização dos Atores no Processo de Decisão**

*Fonte: Ferreira (2011, p. 83).*

Em suma, a atividade de apoio à decisão é efetuada por um facilitador (*i.e.*, cujo propósito é auxiliar a tomada de decisão) e por outros atores que intervêm na decisão tendo em conta os seus sistemas de valores, destacando-se o decisor (Ferreira, 2011). Dado que os decisores trazem consigo as suas próprias preferências e os seus juízos de valor dotados de subjetividade,

é natural que ocorram conflitos de interesses entre estes, sendo neste sentido que se torna crucial a adoção de métodos que os auxiliem na resolução da problemática.

Desenvolvidos e utilizados desde meados da década de 1960, os *Problem Structuring Methods* (PSMs) são descritos como “*a collection of participatory modelling approaches that aim to support a diverse collection of actors in addressing a problematic situation of shared concern.*” (Shaw, Franco, & Westcombe, 2006, p. 757). Mais recentemente, Ackermann (2012, p. 652) enfatiza que os PSMs são 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*”. Reforçando esta ideia, Cronin, Midgley e Jackson (2014) salientam que, por meio da compreensão da problemática em estudo, estes métodos visam auxiliar os decisores que manifestem diferentes perspectivas a chegar a decisões oportunas. Ou seja, os PSMs têm como objetivo estruturar e enfrentar situações problemáticas complexas e incertas (Lami & Tavella, 2019), sendo que estas situações problemáticas se caracterizam pela existência de: (1) vários atores; (2) múltiplas perspectivas; (3) interesses conflitantes; e (4) altos níveis de incerteza (Rosenhead, 2006; Rosenhead & Mingers, 2001).

Perante o exposto, os PSMs constituem um processo participativo e interativo (Rosenhead, 1996), que oferece uma forma de representar uma determinada situação problemática através da criação de um modelo (*i.e.*, “*an external and explicit representation of part of reality as seen by the people who wish to use that model to understand, to change, to manage and to control that part of reality*” (Pidd, 2003, p. 12)) e que pode ser utilizado tanto para abordar um problema específico e tomar uma decisão pontual, como para ser parte de uma rotina organizacional com o intuito de apoiar formalmente a tomada de decisão (Franco, 2013). Este modelo representa diferentes visões e permitirá que os intervenientes clarifiquem a situação, de forma a convergir para um problema mútuo e, posteriormente, chegar a melhorias construtivas (Mingers & Rosenhead, 2004; Rosenhead, 1996; Rosenhead & Mingers, 2001; Smith & Shaw, 2019; White, 2006). Podemos afirmar, portanto, que os PSMs exploram questões sistémicas, com o intuito de construir um entendimento e um compromisso entre os intervenientes por meio da facilitação, participação e estímulo ao diálogo. Ao adotar uma abordagem holística, os PSMs gerem a complexidade, rejeitando, desta forma, o reducionismo (Smith & Shaw, 2019). Seguindo esta lógica, Mingers e Rosenhead (2004) mencionam que um PSM deve: (1) aceitar múltiplas perspectivas; (2) ser transparente para uma variedade de intervenientes; (3) operar interativamente; e (4) tolerar soluções contingentes. Desta forma, os PSMs oferecem uma melhor resposta a problemas complexos quando comparados com as abordagens tradicionais, dado que: (1) exibem condições que propiciam os decisores a utilizá-los numa perspectiva de

múltiplos critérios; (2) simplificam a negociação entre intervenientes; e (3) viabilizam a formulação do problema através da transparência de representação (Rosenhead, 1996).

Da sua utilização surgem resultados tangíveis e intangíveis. Os resultados tangíveis incluem ilustrações gráficas na forma de modelos (*i.e.*, mapas cognitivos), figuras (*i.e.*, imagens representativas do problema) e/ou listas de opções com soluções e planos de ação. Os resultados intangíveis são, por exemplo, uma melhor compreensão comum do problema, a aprendizagem dos intervenientes e o acordo sobre as ações a seguir, bem como o compromisso com a definição do problema e as decisões tomadas (Franco & Montibeller, 2010). O *Quadro 3.4* apresenta alguns dos métodos existentes para a estruturação de problemas complexos (Belton & Stewart, 2010; Checkland & Poulter, 2020; Mingers & Rosenhead, 2004; Rosenhead, 1996).

<b>Método</b>	<b>Descrição</b>
<b><i>Strategic Options Development and Analysis (SODA)</i></b>	Através de um processo de geração de ideias, este método utiliza o mapeamento cognitivo com o intuito de captar e estruturar a complexidade de um problema refletido por múltiplas perspetivas. Os mapas cognitivos promovem as discussões em grupo e orientam os intervenientes.
<b><i>Soft Systems Methodology (SSM)</i></b>	Por intermédio da construção de modelos conceituais de tipo ideal pelos atores, este método orientado para a ação de investigação de situações problemáticas tem como objetivo promover debates para descodificar a situação e identificar que ações devem ser postas em prática de modo a que essa situação seja melhorada.
<b><i>Strategic Choice Approach (SCA)</i></b>	Método de planeamento centrado na gestão de incertezas em situações estratégicas que visa auxiliar os decisores a identificar as áreas prioritárias e a projetar planos de contingência.
<b><i>Robustness Analysis</i></b>	Método que se concentra em manter a flexibilidade útil sob influência da incerteza. Caracteriza-se por ser um processo iterativo onde os atores e os analistas avaliam a compatibilidade dos compromissos das alternativas iniciais com possíveis configurações futuras do sistema. Ou seja, concentra-se na identificação de opções com bom desempenho em todos os futuros possíveis.
<b><i>Drama Theory</i></b>	Método interativo de análise de cooperação e conflito entre múltiplos intervenientes que resulta em duas abordagens – <i>metagames</i> e <i>hypergames</i> – e é construído por meio das perceções das opções disponíveis.

**Quadro 3.4: Métodos de Estruturação de Problemas Complexos**

De acordo com Brightman (2003, p. 2), “*a common theme across the application of all the methods is their utility in building understanding and consensus within groups, as well as their utility as tools for individual thinking and learning. They can be used as “learning tools”: helping researchers to explore and define what it is that they are trying to do – structuring their own thinking at various stages during the project (...) or as “exploratory tools”*”.



A presente dissertação, fará uso da abordagem SODA – também denominada de *JOintly Understanding Reflecting and NEgotiating strategY* (JOURNEY Making) (cf. Ackermann & Eden, 2010) – desenvolvida por Eden e Ackermann na década de 1980 com o objetivo de ajudar os decisores e os facilitadores envolvidos na resolução de problemas não-estruturados e onde a utilização de mapas cognitivos fosse vista como uma possível ferramenta de estruturação (Eden & Ackermann, 2004; Ferreira, 2011). Esta opção recai no facto de a abordagem SODA ser um dos métodos *soft* mais populares e mais utilizado na fase de estruturação de um problema complexo, sendo definida como “*a general problem identification method that uses cognitive mapping as a modelling device for eliciting and recording individuals’ views of a problem situation*” (Mingers & Rosenhead, 2004, p. 532).

Na ótica de Ackermann e Eden (2001) e Mackenzie *et al.* (2006), o início de um processo de decisão que envolva um grupo de indivíduos pode ocorrer de duas formas: (1) ou se inicia o processo com entrevistas individuais com cada indivíduo do grupo (SODA I); ou (2) se inicia com uma reunião geral, na qual cada indivíduo expõe as suas ideias ao grupo (SODA II). Seja qual for a opção escolhida para dar início ao processo, é inevitável que, mais cedo ou mais tarde, tenha de ser realizada uma reunião com todos os membros do grupo. Segundo Ferreira (2011), esta abordagem apresenta quatro características principais, nomeadamente: (1) capacidade de lidar com variáveis qualitativas; (2) permitir estruturar situações complexas; (3) servir de apoio ao trabalho em grupo; e (4) ser útil no desenvolvimento e implementação de direções estratégicas. Assim sendo, a abordagem SODA visa auxiliar os intervenientes a chegar a acordo sobre como agir para resolver determinada situação através de uma conversa interativa. Por conseguinte, permite que estes construam uma representação gráfica da situação problemática (*i.e.*, mapa cognitivo) para, posteriormente, serem capazes de analisar as opções e as suas ramificações em relação a um sistema complexo de metas ou objetivos (Ackermann & Eden, 2010; Lami & Tavella, 2019). Posto isto, parece evidente que a abordagem SODA utiliza o mapeamento cognitivo com o propósito de estruturar problemas complexos (Eden & Ackermann, 2018).

O mapeamento cognitivo é definido por Wong (2010, p. 288) como “*process of a series of psychological transformations by which [an] individual acquires, codes, stores, recalls, and decodes information about the relative locations and attributes of phenomena in [...his or her] everyday spatial environment*”, sendo que “*was designed to enable a representation of somebody’s construal of an issue to be created*” (Ackermann & Eden, 2010, p. 143). Ou seja, este método caracteriza-se pela representação gráfica e visa refletir os valores, os objetivos, as ideias e as experiências dos decisores acerca de um problema complexo (Ackermann & Eden,

2010). São vários os autores que defendem que o mapeamento cognitivo é uma ferramenta com enorme potencial para estruturar e esclarecer problemas complexos (Ackermann & Eden, 2001; Belton & Stewart, 2002; Eden, 2004; Eden & Ackermann, 2001). Isto porque, segundo Ferreira, Spahr e Sunderman (2016b), o mapeamento cognitivo apresenta três particularidades, nomeadamente: (1) promove a discussão e a partilha de informação entre os decisores; (2) permite reduzir a taxa de critérios omitidos na tomada de decisão; e (3) impulsiona sinergias de conhecimento através da discussão e da análise reflexiva. Em suma, o mapeamento cognitivo pode, portanto, ser visto como um processo de estruturação mental que leva à criação de um mapa cognitivo (Wong, 2010).

### 3.1.1 Cognição Humana e Mapas Cognitivos

O processo de decisão a nível estratégico resulta tanto das convicções pessoais dos intervenientes, como da análise que estes fazem do meio envolvente em que se insere a problemática. Neste sentido, existem dois campos distintos que influenciam o comportamento humano, nomeadamente: (1) campo intrapessoal, que se caracteriza pelos mecanismos internos relacionados com processos cognitivos (*e.g.*, memória, atenção, percepção); e (2) campo interpessoal, que realça os processos resultantes do contacto social (Ferreira, 2011). Ainda em conformidade com Ferreira (2011), parece óbvio afirmar que é por meio da convergência entre espaço e tempo que um indivíduo valoriza ou desvaloriza certa reação, define a sua capacidade de adaptação, delinea estratégias e procura recursos a fim de responder às exigências do meio ambiente à sua volta.

O termo “*cognition*” é definido como “*the mental action or process of acquiring knowledge and understanding through thought, experience, and the senses*” (Ferreira, Jalali, Zavadskas, & Meidutė-Kavaliauskienė, 2017, p. 174). Nesta perspetiva, e ainda em conformidade com Ferreira *et al.* (2017), a cognição humana é um sistema complexo composto por processos que vão desde o conhecimento, atenção e memória, à avaliação, computação e tomada de decisão, incluindo, até mesmo, a produção de linguagem. Pode ser consciente ou inconsciente, intuitiva ou analítica e/ou, até, artificial. Mais recentemente, Grillo, Ferreira, Marques e Ferreira (2018, p. 699), citando Monteiro e Barrias, salientam que, no âmbito do processo de tomada de decisão, a cognição humana é “*a complex process that results from the interaction between the sensorimotor system and neurological structures responsible for [each] individual’s cognitive system*”. Seguindo esta lógica, e de acordo com Ferreira (2011), o sistema sensorio motor está tendencialmente relacionado com a quantidade de informação recebida,

enquanto que o sistema cognitivo se relaciona com a qualidade dessa mesma informação. Como resultado da interação que se verifica entre estes dois sistemas, o indivíduo é capaz de relacionar as imagens do mundo real com as imagens que são criadas na sua própria mente, algo que irá dar algum sentido ao seu meio envolvente. Posto isto, é possível afirmar que o estímulo e a forma como o problema é entendido irá influenciar o comportamento do indivíduo.

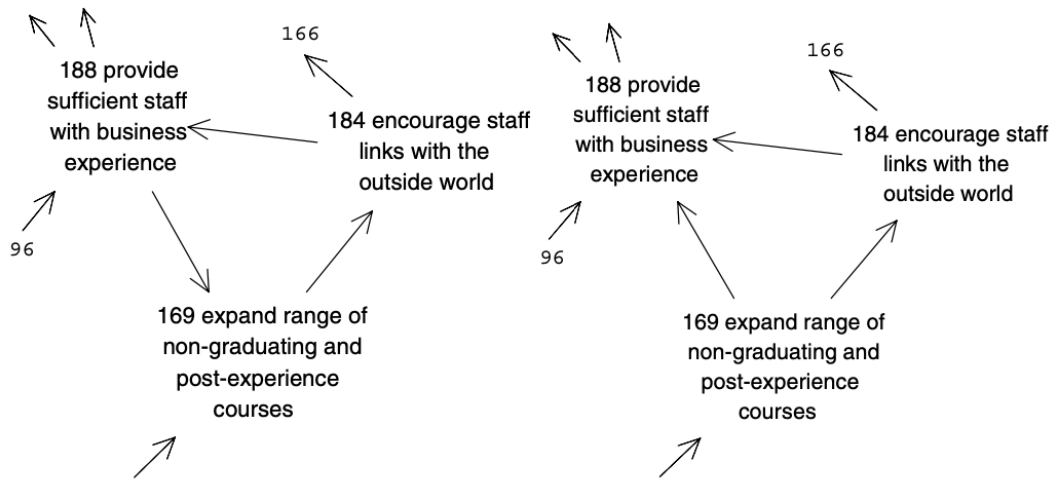
Foi com o propósito de compreender este processo complexo – *i.e.*, cognição humana – que Tolman (1948) desenvolveu um instrumento metodológico denominado “mapa cognitivo” para descrever as mudanças mentais internas dos indivíduos e a representação das relações entre os conceitos. Este autor defende que os comportamentos, as emoções e as reações a determinadas situações não ocorrem como meras respostas a estímulos, mas são baseadas em crenças, atitudes, condições e objetivos (Ferreira *et al.*, 2017). Conforme explicado por Eden (2004), um mapa cognitivo é, assim, uma agregação de ideias, organizadas e estruturadas de forma hierárquica, unidas por setas que representam relações de causa e efeito. Nesse sentido, “*a cognitive map is the representation of thinking about a problem that follows from the process of mapping*” (Eden, 2004, p. 673). Ferreira *et al.* (2016b) fortalecem esta afirmação, salientando que os mapas cognitivos funcionam como estruturas epistemológicas a partir das quais os indivíduos organizam os seus pensamentos, experiências ou valores. De acordo com Eden (2004), este instrumento metodológico deriva, geralmente, de entrevistas e, portanto, pretende representar o mundo subjetivo do entrevistado. No entanto, o processo de construção de mapas cognitivos utilizados na metodologia SODA empregam técnicas tais como *brainstorming* e a listagem dos objetivos e valores dos decisores (Ferreira, 2011). No *Quadro 3.5* apresentam-se sintetizadas algumas das técnicas regularmente utilizadas para expressar ideias e que auxiliam o processo de construção dos mapas.

<b>Técnica</b>	<b>Características</b>
<b>Processo de “divagação” (Brainstorming)</b>	Consiste em deixar os decisores falar livremente sobre o problema. Se houver tempo e liberdade, é possível obter grande quantidade de informação, levando a que aspetos aparentemente não relacionados com o objetivo inicial possam tornar-se essenciais numa fase posterior do processo.
<b>Entrevistas</b>	Tratam-se de técnicas clássicas de obtenção de informação. Em situações de trabalho de grupo, é comum utilizarem-se entrevistas individuais antes de se partir para um fórum de discussões. Porém, não são recomendadas entrevistas rígidas, com uma sequência previamente definida em questões.
<b>Listagem de objetivos e valores dos decisores</b>	Se o problema gerar algum desconforto no agente de decisão, conhecer os seus valores pode tornar-se útil, pois permite relacionar a situação atual com aquilo que ele considera importante para si ou para a organização – <i>Value Focused Thinking</i> .

**Quadro 3.5: Algumas Técnicas de Expressão de Ideias**

*Fonte: Ferreira (2011, p. 128).*

Perante o exposto, podemos afirmar que os mapas cognitivos são capazes de projetar o que os indivíduos, enquanto agentes de decisão, pensam e idealizam sobre uma dada situação problemática e, na ótica de Gavrilova, Carlucci e Schiuma (2013, p. 1756), operam “*as visual tools, facilitate the representation and communication, support the identification and the interpretation of information, facilitate consultation and codification, and stimulate mental associations*”. Assim sendo, e no que diz respeito ao processo de tomada de decisão, os mapas cognitivos são cada vez mais considerados como uma relevante ferramenta de apoio à tomada de decisão, uma vez que fornecem “*a means of representing the way in which a decision-maker models his decision-making environment in terms of the concepts he himself uses*” (Klein & Cooper, 1962, p. 64). A *Figura 3.1* exemplifica um mapa cognitivo.



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

Fonte: Eden (2004, p. 682).

Em conformidade com Ferreira (2011, p. 129), “é mediante a expressão oral ou escrita do pensamento do decisor que o facilitador determina os conceitos (e respectivas ligações) necessários à elaboração de um mapa cognitivo”. Como é possível observar na Figura 1, os mapas cognitivos “are a network of nodes and arrows as links, [...] where the direction of the arrow implies believed causality” (Eden, 2004, p. 673). Isto é, normalmente, um mapa cognitivo contém nós, que retratam os conceitos, variáveis e/ou critérios; e setas, que representam as relações de causa e efeito dessas componentes (Miguel *et al.*, 2019). A cada seta é associado um sinal positivo (+) ou negativo (-), dependendo da relação que as componentes têm entre si (Ferreira *et al.*, 2017).

Segundo Eden e Ackermann (2001), existem duas maneiras principais de trabalhar com o mapas cognitivos, nomeadamente: (1) abordagem *top-down*, onde se procede ao levantamento dos objetivos e dos valores do decisor e, a partir desses objetivos, se atua em direção a níveis progressivamente mais baixos, aumentando, desta forma, a quantidade de pormenores com o intuito de se alcançar os respetivos objetivos; e (2) abordagem *bottom-up*, onde se inicia o trabalho a partir de detalhes que, progressivamente, permitirão ir ao encontro de níveis hierarquicamente superiores, até que sejam alcançados os objetivos do decisor. No entanto, independentemente da orientação que se siga, a construção de mapas cognitivos é um processo cíclico e interativo (Ferreira, 2011). Por conseguinte, e de acordo com Ferreira, Jalali e Ferreira (2016a) e Ribeiro, Ferreira, Jalali e Meidutė-Kavaliauskienė (2017), entre outros, os mapas cognitivos apresentam duas funções principais, nomeadamente: (1) função descritiva (*i.e.*, os mapas fornecem representações visuais que ajudam os indivíduos a compreender melhor o

problema em questão e, assim, facilitar a sua resolução); e (2) função reflexiva (*i.e.*, os mapas são uma ferramenta utilizada para desenvolver novas ideias). Deste modo, estes instrumentos metodológicos revelam-se eficazes, pois garantem a ligação entre a formulação de uma estratégia e a preparação da sua implementação (Eden & Ackerman, 2004). O *Quadro 3.6* ilustra as características e os objetivos de três grandes grupos de mapas cognitivos (Ferreira, 2011; Fiol & Huff, 1992).

<b>Tipo de Mapas</b>	<b>Características e Objetivos</b>
<b>Mapas de Identidade</b>	Visam estabelecer uma forma de identificar os elementos-chave do problema, permitindo saber quais os atores, eventos e processos a ter em consideração no desenvolvimento de um modelo de apoio à tomada de decisão.
<b>Mapas de Categorização</b>	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.
<b>Mapas Causais e de Argumentação</b>	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.

**Quadro 3.6: Classificação de Mapas Cognitivos**

*Fonte: Ferreira (2011, p.133).*

Em suma, e de acordo com Ferreira (2011), Ferreira *et al.* (2017) e Miguel *et al.* (2019), os mapas cognitivos são vistos como instrumentos de negociação, dado que auxiliam o facilitador e os atores na negociação das suas perceções e interpretação do problema, possibilitando que seja alcançada tanto uma definição do problema como uma solução de compromisso para a problemática. Além de permitirem a estruturação de problemas de decisão complexos, estes também servem para modelar relações de causa e efeito entre as variáveis existentes em fenómenos complexos. Com efeito, parece evidente que os mapas cognitivos desempenham um papel de extrema importância em termos de apoio à tomada de decisão, muito graças ao seu carácter recursivo e flexível que está fortemente ligado à convicção do construtivismo (Ferreira, 2011). No ponto seguinte, é feito o levantamento das vantagens e das limitações do mapeamento cognitivo.

### 3.1.2 Vantagens e Limitações do Mapeamento Cognitivo

Como referido anteriormente, os mapas cognitivos fomentam o diálogo e a discussão entre os intervenientes, algo que gera um grande volume de informações sobre a problemática e permite a visualização de ideias em tempo real, promovendo, desta forma, a aprendizagem por meio da participação, do diálogo e da discussão (Faria, Ferreira, Jalali, Bento, & António, 2018). Com efeito, apresentam-se como ferramentas eficazes para a compreensão e para a estruturação de problemas complexos, principalmente devido à sua interatividade, versatilidade, simplicidade e ao facto de serem uma ferramenta extremamente motivadora (Ferreira, Spahr, Santos, & Rodrigues, 2010). Desta forma, a probabilidade de critérios omitidos diminui e a transparência do processo aumenta significativamente.

Reforçando esta ideia, Ferreira *et al.* (2017) reconhecem que o mapeamento cognitivo apresenta inúmeras vantagens, entre as quais: (1) a natureza interativa através da qual são formados; (2) a flexibilidade (*i.e.*, dado que os atores podem introduzir variáveis de natureza diversa); (3) a facilidade de uso; (4) ajudam a esclarecer problemas de decisão complexos e a estruturá-los de uma forma visual de fácil compreensão, algo que irá facilitar a comunicação e promover associações mentais; e (5) são altamente descritivos, ajudando, deste modo, a desvendar o contexto informacional em que as pessoas operam. Além disso, Eden e Ackermann (2004) salientam ainda a capacidade desta ferramenta em auxiliar tanto o trabalho em grupo como o desenvolvimento e a implementação de direções estratégicas. É relevante realçar que, ao fazerem uso de representações gráficas dos problemas em discussão, em vez de representações numéricas, facilitam a compreensão de intervenientes com maiores limitações técnicas e promovem um maior espírito de união entre estes (Ferreira, 2011).

Importa ter presente, no entanto, que a possível falta de sinceridade do decisor no processo de elaboração de um mapa cognitivo (*e.g.*, o agente de decisão poderá não querer pronunciar-se acerca de determinados assuntos), a má qualidade do facilitador (*e.g.*, o facilitador pode não fazer uma reconstrução linguística verdadeira do que foi dito pelos decisores) e o carácter subjetivo dos mapas cognitivos (dado que os mapas são construídos a partir de representações mentais dos decisores) são apontadas como as principais limitações do recurso a mapas cognitivos (Faria *et al.*, 2018; Ferreira, 2011). Esta ideia é reforçada por Mohammadi e Rezaei (2020), que afirmam que os julgamentos de valor subjetivos ou enviesados dos decisores podem afetar o resultado final.

Dado que as vantagens do mapeamento cognitivo parecem superar as suas limitações, Ackermann e Eden (2001), Belton e Stewart (2002), Eden (2004) e Eden e Ackermann (2001),

entre outros, salientam a capacidade dos mapas cognitivos em lidar com a complexidade inerente à tomada de decisão, cujas principais vantagens decorrem do facto de: (1) permitir uma análise do problema com um maior volume de informação, que dificilmente seria exequível sem a utilização desta ferramenta; (2) reduzir o índice de omissão de critérios; e (3) promover a aprendizagem através da discussão e da análise de como estes critérios de avaliação se relacionam (Ferreira, 2011). Face ao exposto, torna-se importante entender de que forma esta ferramenta estruturante pode ser útil na avaliação da digitalização urbana.

### **3.1.3. Possíveis Contributos para a Análise da Digitalização Urbana**

A avaliação da digitalização urbana não é uma tarefa fácil, pois não existe consenso acerca do que se deve medir e/ou de que modo é que deve ser realizada essa avaliação. Assim, dada a sua complexidade e abrangência, é natural o crescente interesse dos investigadores nesta problemática. Posto isto, e tendo em conta que a questão da avaliação da digitalização urbana pode ser entendida sob diferentes perspetivas (*i.e.*, por ser uma questão subjetiva), esta deve ser analisada como sendo um problema complexo.

De acordo com Belton e Stewart (2002), quando os problemas de decisão são multifacetados e/ou envolvem múltiplos critérios – como é o caso da digitalização urbana –, cuidados adicionais são colocados na abordagem metodológica adotada. O uso de técnicas multicritério revela um enorme potencial para tratar desta problemática, dado que, através da partilha de conhecimento e de experiências pelo grupo de decisores especializados na área, permite o relacionamento de inúmeros critérios, tanto objetivos como subjetivos, quantitativos ou qualitativos. Assim sendo, a análise da digitalização urbana irá ter sobre a sua alçada os aspetos mais relevantes de um problema. Neste sentido, a aplicação do paradigma *soft* enriquece a temática da digitalização urbana, dado que: (1) permite a análise de ações complexas com múltiplas alternativas e múltiplos decisores (*i.e.*, como referido anteriormente, a avaliação da digitalização urbana é uma tarefa complexa e influenciada por interesses de múltiplos agentes de decisão); (2) considera múltiplos critérios; (3) contempla a experiência profissional e a opinião dos decisores (*i.e.*, uma vez que os decisores passam a ser considerados sujeitos ativos no processo de avaliação, é crucial orientar as decisões em conformidade com os seus sistemas de valores e objetivos); (4) torna clara as situações de conflito e facilita a aprendizagem dos intervenientes; (5) substitui a procura da solução ótima por uma solução de compromisso aceite por todos os envolvidos no processo de decisão; e (6) possibilita a construção de um modelo



adaptado à problemática em análise e que não esteja condicionado por estruturas de avaliação pré-concebidas.

Mais concretamente, o mapeamento cognitivo tem sido proposto para problemáticas complexas visto que, por meio da representação do ambiente dos intervenientes, permite um entendimento mais profundo das relações de causa e efeito entre as variáveis desses problemas complexos (Ackermann & Eden, 2010; Ferreira & Jalali, 2015; Ribeiro *et al.*, 2017). Segundo Fernandes, Ferreira, Bento, Jalali e António (2018), esta abordagem metodológica possibilita: (1) melhor compreensão da problemática em questão; (2) maior transparência; e (3) menor probabilidade de variáveis omitidas, uma vez que envolve diretamente um painel de especialistas e estimula a discussão entre eles, chegando assim a um mapa cognitivo validado por todos os intervenientes. Ou seja, o uso desta ferramenta visa fornecer uma compreensão holística e expandida do conceito de digitalização urbana. Uma vez concluída a *fase de estruturação* de problemas complexos, o ponto seguinte irá abordar a *fase de avaliação*.

### **3.2. Avaliação Multicritério**

Conforme referido anteriormente, o processo de apoio à tomada de decisão encontra-se subdividido em três fases: (1) *estruturação*, onde se pretende compreender e estruturar o problema; (2) *avaliação*, cujo propósito é construir um modelo de preferências dos decisores; e, por fim, (3) *elaboração de recomendações*. Os pontos anteriores focaram-se nas técnicas que fazem parte da *fase da estruturação* do problema e que serão postas em prática na presente dissertação, mais concretamente a abordagem SODA que contempla, na sua base operacional, o mapeamento cognitivo. Assim sendo, os pontos que se seguem destinam-se a enquadrar a metodologia a aplicar na *fase de avaliação*.

Como é reconhecido na literatura (Belton & Stewart, 2002; Ferreira, 2011), a abordagem multicritério evidencia-se como mais benéfica e vantajosa em relação à abordagem monocritério, uma vez que tem em conta vários aspetos relevantes de um problema complexo, ao invés de se concentrar num único critério. Além disso, em conformidade com Ferreira (2011), esta abordagem permite a criação de uma estrutura partilhada – *i.e.*, uma estrutura aceite por todos os participantes envolvidos no processo de decisão, tendo como fim a uniformização e a geração de conhecimentos sobre o problema em estudo, que permitirá a elaboração de um modelo de *avaliação*. Face ao exposto, Bana e Costa, Ensslin, Corrêa e Vansnick (1999) e Belton e Stewart (2002) salientam que há inúmeras vantagens em dar uso a técnicas de

estruturação e avaliação de múltiplos critérios, dado que essas técnicas têm sido relatadas como tendo potencial para esclarecer problemas de decisão complexos, pautados por posições conflitantes. Neste sentido, a metodologia multicritério apresenta-se como extremamente útil na análise de diferentes alternativas, dado que facilita e promove a interação e a aprendizagem de todos os intervenientes no processo de tomada de decisão, algo que contribui para a transparência dos processos.

Para Marichal (1998), a fase de avaliação tem como propósito avaliar as alternativas relativamente a cada um dos critérios. Os valores resultantes são posteriormente agregados, tendo em consideração uma ponderação baseada nas preferências dos decisores, para que seja possível a obtenção de uma classificação global para cada uma das alternativas, possibilitando a comparação destas e, desta forma, apoiando a tomada de decisão. Esta ideia é reforçada por Belton e Stewart (2002, p. 79) (*i.e.*, “*allowing inter-criteria comparisons (such as trade-offs), in order to combine preferences across criteria*”) e, deste modo, um modelo que permita uma avaliação satisfatória de diversas alternativas deve englobar: (1) a ponderação do grau de preferência respetiva a cada um dos critérios identificados; e (2) um modelo de agregação dessas preferências.

Segundo Ferreira (2011) e Vincke, Gassner e Roy (1992), a agregação das preferências pode ser feita segundo uma de três vias, nomeadamente: (1) *multiple attribute utility theory (MAUT) methods*; (2) *interactive methods*; e (3) *outranking methods*. A primeira via – *i.e.*, *MAUT methods* – tem como foco a otimização de uma função, por meio da qual é realizada a agregação de múltiplos pontos de vista a fim de se obter uma classificação das alternativas. A segunda via – *i.e.*, *interactive methods* – define-se por combinar etapas de cálculo e otimização de soluções com etapas de interação com os decisores, a fim de obter informação adicional relativamente às preferências dos mesmos. A terceira e a última via – *i.e.*, *outranking methods* – propõe-se a estabelecer uma relação de preferência entre as várias alternativas, tendo em conta as preferências manifestadas pelos decisores relativamente aos vários critérios. Na presente dissertação, mais concretamente na *fase de avaliação*, será aplicado o método BWM, que será abordado nos pontos seguintes. Este método insere-se na categoria *outranking methods*, que se caracteriza por serem métodos baseados em comparações de pares entre alternativas com respeito a cada critério e onde as relações de *outranking*, que representam o grau de dominância de uma alternativa sobre outras, são alcançadas pela agregação das comparações entre pares (Mi, Tang, Liao, Shen, & Lev, 2019; Youssef, 2020).

### 3.2.1 Avaliação Multicritério e o Método BWM

Tal como exposto anteriormente, os problemas complexos que envolvem um grande número de critérios são geralmente resolvidos através da incorporação de abordagens de tomada de decisão multicritério, sendo que a seleção da abordagem depende tanto da natureza do problema como do rigor exigido pelos investigadores (Yadav, Mangla, Luthra, & Rai, 2019). Num problema multicritério, inúmeras alternativas são avaliadas em relação a vários critérios a fim de selecionar a(s) melhor(es) alternativa(s) (Rezaei, 2015). A avaliação é, geralmente, realizada com base na licitação de preferências de um decisor, resultando, desta forma, na ordenação, classificação ou seleção de alternativas (Mohammadi & Rezaei, 2020).

Na literatura são vários os métodos de tomada de decisão multicritério que podem ser encontrados, entre os quais: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Analytic Network Process* (ANP), *DEcision-MAking Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), *Simple Multi-Attribute Rating Technique* (SMART) e *Weighted Sum Method* (WSM), entre muitos outros (Saaty, 2004). Todos estes métodos têm como propósito a investigação dos critérios disponíveis, o cálculo das suas intensidades (*i.e.*, pesos) e a priorização das alternativas com base na preferência dos decisores (Rezaei, 2015; Yadav, Mangla, Luthra, & Jakhar, 2018). Deste conjunto de métodos, o método AHP tem sido amplamente utilizado. Contudo, requer inúmeras comparações e utiliza números fracionários, algo que pode levar a inconsistências. Para superar as limitações acima referidas, e no caso de um grande número de critérios, onde exista forte inter-relação entre eles, Jafar Rezaei propôs o *Best-Worst Method* (BWM) (Rezaei, 2015).

O BWM é, portanto, um método relativamente recente sugerido para resolver problemas de tomada de decisão multicritério. De acordo com Rezaei (2015), o BWM é um método baseado em comparação que conduz as comparações de forma particularmente estruturada, trabalhando com o princípio da importância relativa do melhor e do pior critério em relação aos restantes critérios. Neste sentido, usa dois vetores de comparações de pares para determinar os pesos dos critérios. Ou seja, em primeiro lugar, o melhor (*i.e.*, mais desejável, mais importante) e o pior (*i.e.*, menos desejável, menos importante) critérios são identificados pelo decisor. Posteriormente, o melhor critério é comparado com os outros critérios, sendo os outros critérios comparados com o pior critério. Como resultado, um modelo *minmax* não-linear é utilizado para identificar os pesos de modo a que a diferença absoluta máxima entre os rácios de peso e as suas comparações correspondentes seja minimizada, gerando assim várias soluções ótimas (Rezaei, 2016). Dada a sua facilidade de aplicação, o BWM tem vindo a atrair a atenção de

vários estudiosos, uma vez que, quando comparado com outros métodos multicritério, o BWM requer menos dados de comparação, embora seja capaz de gerar comparações mais consistentes, algo que lhe permite produzir resultados mais confiáveis (Ahmadi, Kusi-Sarpong, & Rezaei, 2017; Rezaei, 2020; Rezaei, Wang, & Tavasszy, 2015). Segundo Rezaei (2015), o modelo não-linear do BWM – que será utilizado nesta dissertação – está estruturado da seguinte forma:

**Etapa 1:** Determinar um conjunto de critérios de decisão.

Na primeira etapa do BWM, o decisor identifica um conjunto de  $n$  critérios  $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  que são utilizados para tomar uma decisão. No caso em concreto da presente dissertação, os critérios serão identificados a partir do mapa cognitivo.

**Etapa 2:** Determinar o melhor (*best*) e o pior (*worst*) critério.

Na segunda etapa, o decisor escolhe o melhor e o pior critério entre o conjunto de critérios identificados na *Etapa 1*. O melhor critério representa o critério mais desejável ou o mais importante, enquanto que o pior critério é o menos desejável ou o critério menos importante para a decisão. Nesta fase, nenhuma comparação é feita.

**Etapa 3:** Obter o vetor de comparação *Best-to-Others* (BO).

Na terceira etapa, o decisor determina a preferência do melhor (*i.e.*, mais importante) critério sobre todos os outros critérios, utilizando uma escala de 1 a 9. O valor “1” implica que os dois critérios têm igual importância, enquanto que o valor “9” sugere que o melhor critério é extremamente mais importante que o outro. Como resultado, o vetor BO é obtido em conformidade com a equação (1).

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}) \quad (1)$$

onde  $a_{Bj}$  indica a preferência do melhor critério B sobre o critério  $j$ . Além disso, parece evidente deduzir que a preferência do critério B em relação a si mesmo é igual a 1, *i.e.*  $a_{BB} = 1$ .

**Etapa 4:** Obter o vetor de comparação *Others-to-Worst* (OW).

Na quarta etapa, o decisor determina a preferência de todos os critérios em relação ao pior critério (*i.e.*, menos importante), usando a mesma escala de 1 a 9. Mais uma vez, o valor “1” implica que os dois critérios têm igual importância, enquanto que o valor “9” significa que o outro critério é extremamente mais importante do que o pior. Como resultado, o vetor OW é obtido em conformidade com a equação (2).

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T \quad (2)$$

onde  $a_{jW}$  indica a preferência do critério  $j$  sobre o pior critério W. Além disso, parece evidente deduzir, novamente, que a preferência do pior critério em relação a si mesmo seja 1, *i.e.*  $a_{WW} = 1$ .

**Etapa 5:** Calcular os pesos ótimos  $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ .

O peso ideal para os critérios é aquele em que, para cada par de  $w_B/w_j$  e  $w_j/w_W$ , temos  $w_B/w_j = a_{Bj}$  e  $w_j/w_W = a_{jW}$ . Para satisfazer essas condições para todos os  $j$ , devemos encontrar uma solução onde as diferenças absolutas máximas  $\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|$  e  $\left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right|$  para todo o  $j$  sejam minimizadas. Também tendo em consideração a característica da não-negatividade e a condição da soma dos pesos, o seguinte problema pode ser formulado em conformidade com a expressão (3).

$$\begin{aligned} \min \max_j \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \right\} \\ \text{s.t.} \\ \sum_j w_j = 1 \\ w_j \geq 0, \text{ para todo } j \end{aligned} \quad (3)$$

Portanto, a formulação (3) é equivalente à formulação (4):

$$\begin{aligned}
& \min \xi \\
& \text{s.t.} \\
& \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi, \text{ para todo } j \\
& \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \leq \xi, \text{ para todo } j \\
& \sum_j w_j = 1 \\
& w_j \geq 0, \text{ para todo } j
\end{aligned} \tag{4}$$

Resolvendo o problema de otimização (4), os pesos ótimos ( $w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$ ) e  $\xi^*$  são obtidos. Depois de calcular os pesos ótimos, a próxima etapa inclui a verificação da consistência dos pesos identificados. O *Quadro 3.7* apresenta o índice de consistência, sendo utilizada para avaliar o rácio de consistência pela fórmula (5).

$a_{BW}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice de consistência	0.00	0.44	1.00	1.63	2.30	3.00	3.73	4.47	5.23

**Quadro 3.7: Índice de Consistência**

*Fonte: Rezaei (2015).*

$$\text{Rácio de Consistência} = \frac{\xi^*}{\text{Índice de Consistência}} \tag{5}$$

Posto isto, podemos retirar que quanto menor o  $\xi^*$ , menor é o rácio de consistência e mais consistentes são os vetores. Com efeito, um valor de  $\xi^*$  próximo de zero demonstra um alto nível de consistência (Rezaei *et al.*, 2015). Este rácio pode também testar a confiabilidade de comparação. Um ano mais tarde, Rezaei (2016) apresentou um modelo linear do BWM, dado que, em muitos casos, os decisores preferem ter uma solução única. Nesse sentido, se em vez de se minimizar o valor máximo entre o conjunto de  $\left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \right\}$ , minimizarmos o máximo entre o conjunto de  $\{ |w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jW}w_W| \}$ , o problema pode ser formulado em conformidade com a expressão (6).

$$\begin{aligned}
& \min \max_j \{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jW}w_W|\} \\
& \text{s.t.} \\
& \sum_j w_j = 1 \\
& w_j \geq 0, \text{ para todo } j
\end{aligned} \tag{6}$$

A formulação (6) pode ser transferida para o problema de programação linear (7).

$$\begin{aligned}
& \min \xi^L \\
& \text{s.t.} \\
& |w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi^L, \text{ para todo } j \\
& |w_j - a_{jW}w_W| \leq \xi^L, \text{ para todo } j \\
& \sum_j w_j = 1 \\
& w_j \geq 0, \text{ para todo } j
\end{aligned} \tag{7}$$

O problema (7) é, portanto, um problema linear, que possui uma solução única. Resolvendo este problema, os pesos ótimos  $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$  e  $\xi^L$  são obtidos. Para este modelo,  $\xi^L$  pode ser visto como um indicador direto da consistência do sistema de comparação. Quanto mais próximo o valor de  $\xi^L$  estiver de zero, maior será a consistência e, conseqüentemente, mais confiáveis serão as comparações (Rezaei, 2016). Apresentado o método que irá ser utilizado para a fase de *avaliação* (i.e., BWM), no próximo ponto será feito o levantamento das suas vantagens e limitações.

### 3.2.2 Vantagens e Limitações do Método BWM

Como já mencionado, a tomada de decisões faz parte do nosso cotidiano, onde o principal objetivo do decisor é selecionar um curso de ação entre um conjunto de alternativas. É neste sentido que o BWM é proposto para resolver problemas de tomada de decisão multicritério, sendo que se caracteriza por ser um método bastante eficiente e que é utilizado para encontrar a “melhor” alternativa.

Uma das principais vantagens do BWM é a maior confiabilidade das comparações entre pares quando comparado com outros métodos MCDM/A, uma vez que, neste método, o decisor

seleciona o melhor e o pior critério antes de realizar as comparações de pares. Assim, um entendimento claro sobre o intervalo de avaliação é obtido antecipadamente, algo que levará a comparações de pares mais consistentes e, portanto, a pesos mais confiáveis (Mohammadi & Rezaei, 2020; Rezaei, 2020). Ainda na ótica de Mohammadi e Rezaei (2020), outra das principais vantagens do BWM consiste no facto de apenas necessitar de comparações de pares de referência. Ou seja,  $2n-3$  comparações de pares, enquanto que outros métodos MCDM/A, como por exemplo o método AHP, precisam de ter a comparação de pares de todos os  $n$  critérios de decisão juntos (*i.e.*,  $n(n-1)/2$ ). De acordo com Patel e Patel (2020) e Rezaei, Nispeling, Sarkis e Tavasszy (2016), uma grande variação dos pesos é observada entre os especialistas em métodos como o AHP devido ao grande número de comparações pareadas entre critérios. O BWM lida com essa situação com mais precisão, dado que atribui preferências a critérios com referência apenas aos melhores e piores critérios identificados. Assim, torna-se evidente afirmar que o BWM é um método bastante eficiente e consistente em relação ao método AHP (Mohammadi & Rezaei, 2020; Patel & Patel, 2020). Além disso, a estrutura particular do BWM resulta em dois vetores que contêm apenas números inteiros, algo que torna mais fácil a utilização deste método (Maghsoodi, Riahi, Herrera-Viedma, & Zavadskas, 2020; Mohammadi & Rezaei, 2020). Em suma, o BWM apresenta as seguintes vantagens: (1) requer menos dados; (2) fornece resultados mais confiáveis; e (3) não utiliza números fracionários, algo que faz com que os decisores o entendam mais facilmente. Assim sendo, é considerado um método robusto e fácil de utilizar em comparação com a maioria dos métodos de tomada de decisão multicritério.

Não obstante as vantagens da metodologia BWM, importa, contudo, estar consciente que a sua aplicação não impede a existência de diferentes tipos de limitações. Com efeito, no que diz respeito às limitações, impõe-se indicar, por exemplo, o facto de o BWM encontrar os pesos ótimos de um conjunto de critérios com base nas preferências de apenas um conjunto de decisores (Mohammadi & Rezaei, 2020). Além disso, e segundo Liang, Brunelli e Rezaei (2020), embora o BWM tenha proposto várias medidas de consistência, existem ainda algumas limitações, nomeadamente: (1) a falta de um mecanismo para fornecer *feedback* imediato ao decisor em relação à consistência das comparações de pares fornecidas; (2) a incapacidade de levar em consideração a consistência ordinal; e (3) a falta de limites de consistência para determinar a confiabilidade dos resultados.

Face ao exposto, e como corolário da contemplação dos méritos e das limitações do método, podemos assumir que as vantagens decorrentes da aplicação do BWM superam as suas limitações, algo que faz do BWM um método robusto que facilitará a obtenção dos pesos dos



critérios e evitará inconsistências par-a-par (Maghsoodi *et al.*, 2020). É, portanto, graças à sua simplicidade e confiabilidade que este método tem sido amplamente utilizado em variadas aplicações do mundo real, incluindo – mas não se limitando a – transporte e logística, gestão da cadeia de abastecimento e gestão de risco, entre outros (Mohammadi & Rezaei, 2020). Assim sendo, a presente dissertação fará uso integrado deste método com técnicas de mapeamento cognitivo, para a construção de um modelo de avaliação da digitalização urbana. No ponto seguinte serão apresentados os possíveis contributos que o método BWM poderá oferecer para a análise da digitalização urbana.

### **3.2.3 Possíveis Contributos para a Análise da Digitalização Urbana**

Como exposto, avaliar a digitalização urbana revela-se uma tarefa extremamente difícil, principalmente devido à complexidade inerente à multiplicidade de critérios que devem ser considerados nesta avaliação e à subjetividade intrínseca ao tema em estudo. É nesta continuidade que a presente dissertação procura ultrapassar algumas das limitações mais comuns dos métodos de avaliação atuais, combinando o mapeamento cognitivo e o BWM.

O mapeamento cognitivo fornece um elo lógico a todo o processo de decisão, sendo que, através deste, é possível a criação de uma estrutura holística que permita analisar a digitalização urbana. No que diz respeito ao BWM, este método poderá contribuir para a análise da digitalização urbana, uma vez que possibilita a distribuição da importância entre os critérios utilizados de forma a priorizar as áreas de intervenção numa cidade. Assim, espera-se que esta abordagem integrada permita suportar, com vantagens, o processo de estruturação do problema complexo em análise, uma vez que a partilha de conhecimento e de experiências por painéis de especialistas tem assumido grande importância como ferramenta poderosa e versátil na obtenção de uma visão holística sobre as problemáticas em análise (Bana e Costa *et al.*, 1999). Nesse sentido, é expectável que, no final, seja possível apresentar um sistema de avaliação mais informado, coerente, transparente e validado por todos os membros do painel de especialistas, preenchendo, deste modo, algumas das limitações metodológicas identificadas nos estudos apresentados na *Tabela 1*.

É ainda importante destacar que todo o processo assume uma lógica construtivista, algo que permite a combinação de elementos objetivos e subjetivos no quadro de tomada de decisão. Deste modo, as análises serão mais pormenorizadas e servirão de suporte para decisões apropriadas, que são de grande interesse para planeadores urbanos, administradores municipais e para a sociedade em geral. Em suma, espera-se que o modelo resultante seja passível de

avaliações da digitalização urbana em qualquer lugar do mundo, bem como para demonstrar outra área de aplicabilidade do uso integrado de mapeamento cognitivo com o método BWM.

### SINOPSE DO CAPÍTULO 3

Neste terceiro capítulo, foram divulgadas as abordagens existentes para o apoio à tomada de decisão, dando especial ênfase à abordagem MCDA como uma abordagem *soft* da OR. De seguida, foram apresentadas as três fases da “estrutura” MCDA: (1) *estruturação*; (2) *avaliação*; e (3) *elaboração de recomendações*. Para estruturar a problemática são utilizados PSMs (mais concretamente, no âmbito da presente dissertação, a abordagem SODA, que tem como finalidade auxiliar tanto os decisores como os facilitadores na resolução de problemas complexos, recorrendo a mapas cognitivos que se destinam a representar ideias, objetivos e/ou valores do decisor). Desenvolvidos por Tolman em 1948, os mapas cognitivos possibilitam uma análise do problema com uma riqueza de informação que dificilmente seria possível com outras ferramentas. Além disso, reduz o número de critérios omitidos e promove a aprendizagem por meio da discussão e da análise de como estes critérios de avaliação se relacionam. Assim, a fase de *estruturação* deve fornecer um leque de elementos, entre os quais: definição do problema; identificação dos decisores e respetivos objetivos; e definição do conjunto de alternativas potenciais a avaliar, entre outros. Após a *estruturação*, a etapa que se segue consiste na *avaliação* que, na sua essência, tem por móbil proporcionar a comparação de cada uma das alternativas em relação aos critérios. Nesta sequência, convém referir que a seleção do método utilizado para esse fim não é indiferente e relaciona-se, acima de tudo, com o carácter da problemática e com a respetiva *estruturação*. Na presente dissertação, o método escolhido foi o BWM – proposto por Rezaei (2015) –, que se caracteriza por ser um método de avaliação que conduz as comparações de forma particularmente estruturada e por trabalhar com o princípio da importância relativa do melhor e do pior critério em relação aos restantes critérios. O BWM requer menos dados de comparação em relação a outros métodos de tomada de decisão multicritério e é capaz de gerar comparações mais consistentes, algo que lhe permite alcançar resultados mais confiáveis. O sucesso desta fase – *i.e.*, *avaliação* – depende, largamente, da forma como a informação é fornecida e estruturada na fase de *estruturação*. Portanto, espera-se que a abordagem integrada do mapeamento cognitivo com a técnica BWM permita a criação de um sistema de avaliação da digitalização urbana mais informado, coerente e transparente, preenchendo algumas das lacunas existentes na literatura. Análises mais pormenorizadas, por seu turno, serão realizadas e servirão de suporte para decisões informadas, que são de grande interesse para planeadores urbanos, administradores municipais e para a sociedade em geral.

O presente capítulo destina-se à aplicação empírica, onde será desenvolvido um sistema de avaliação da digitalização urbana fazendo uso integrado de mapeamento cognitivo e do BWM. Dos procedimentos aplicados, destacam-se os seguintes: (1) estruturação do problema através da definição dos critérios necessários para avaliar a digitalização urbana e, posteriormente, elaboração de um mapa cognitivo; (2) aplicação do método BWM, com o intuito de serem obtidos os pesos dos critérios e um *ranking* de alternativas (*i.e.*, áreas urbanas); e, por fim, (3) análise de resultados e formulação de recomendações.

#### 4.1. Mapa Cognitivo de Base

Como exposto anteriormente, o principal objetivo da presente dissertação consiste na concepção de um modelo multicritério de suporte à avaliação da digitalização urbana. Para a prossecução desse objetivo, torna-se necessária a aplicação prática das metodologias de estruturação e de avaliação anteriormente revistas.

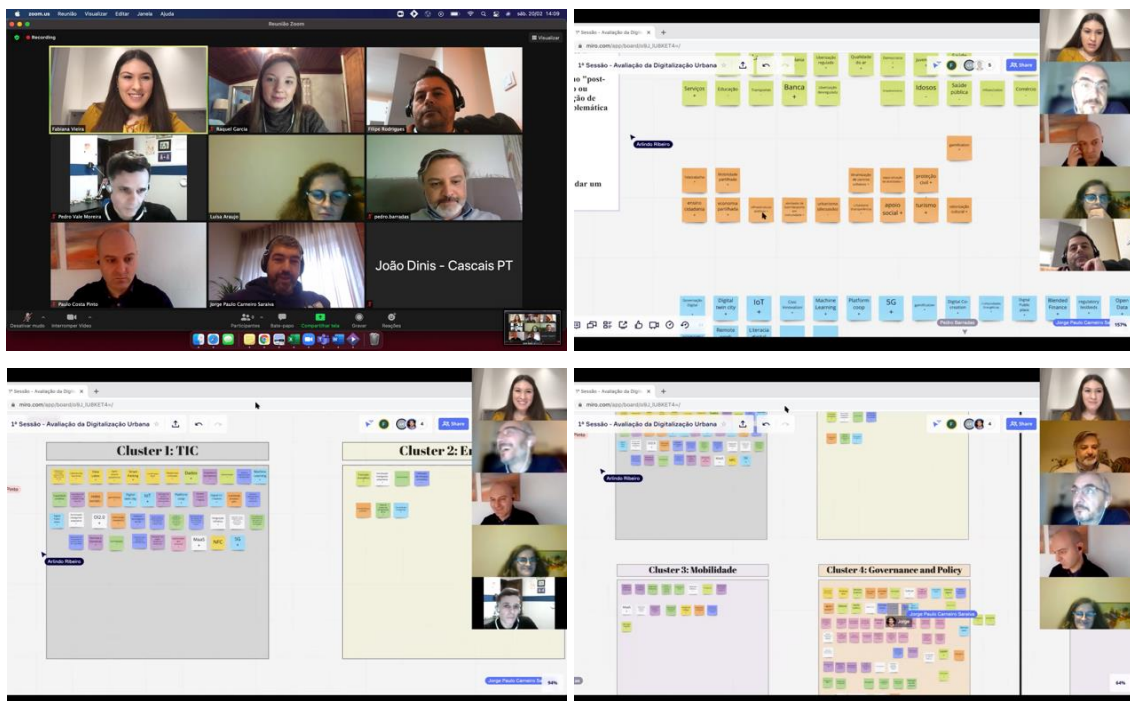
Com o propósito de avaliar a digitalização urbana, recorreu-se, na fase de estruturação, à abordagem SODA, que utiliza o mapeamento cognitivo para identificar critérios de avaliação e analisar as relações de causa-efeito entres eles. Para aplicação desta abordagem, foi fundamental definir, previamente, um painel de especialistas com *know-how* nas diversas áreas relacionadas com a temática em estudo (*i.e.*, digitalização urbana), a fim de se reunirem em duas sessões para analisar pormenorizadamente o problema de decisão da presente dissertação.

No que respeita à constituição do painel de decisores, a literatura demonstra alguma flexibilidade quanto à sua extensão. De acordo com Mingers e Rosenhead (2001, p. 341), “*the size of the group [...] varies somewhat between methods, but 8 to 10 usually works well*”, enquanto que Eden e Ackermann (2004, p. 618) referem que “*SODA workshops are designed for small groups (ideally of 6-10 key individuals)*”. Tendo em conta estas orientações, o presente estudo contou com a colaboração de um painel de oito decisores com dimensão nacional, para garantir que o modelo retratasse distintas lógicas de gestão, assimetrias sociais e

geográficas (*i.e.*, Interior vs. Litoral) e questões regionais (*i.e.*, Norte vs. Sul). Por conseguinte, foi possível obter um leque mais alargado de critérios indispensáveis ao processo de avaliação. Além do painel de decisores, estiveram também presentes dois facilitadores, cujo papel consistiu em conduzir todo o processo e registar os resultados alcançados. Devido à situação pandémica que atravessamos atualmente, todas as sessões foram realizadas *online* através da plataforma *Zoom*. É importante realçar que, apesar de parecer um processo relativamente simples, a constituição do painel foi, na prática, uma tarefa deveras desafiante, uma vez que é extremamente difícil conseguir reunir todos os elementos no mesmo horário e durante um período de tempo tão longo (*i.e.*, 3-4 horas/sessão). Adicionalmente, verificou-se maior distanciamento por parte do painel quando comparado com sessões presenciais. Ainda assim, as sessões decorreram relativamente bem, tendo sido possível alcançar os objetivos pretendidos.

A primeira sessão, com uma duração aproximada de quatro horas, determinou o início da fase de estruturação do processo de apoio à decisão, tendo sido utilizada a plataforma *Miro*, algo que resultou na inovação das metodologias, uma vez que nunca tinham sido aplicadas neste registo. Essa sessão foi organizada em três momentos, nomeadamente: (1) apresentação de *inputs* para o modelo pelo painel de especialistas; (2) agrupamento dos *inputs*; e (3) validação dos dois momentos anteriores. Posto isto, a sessão iniciou-se com uma breve apresentação dos membros do painel de decisores e facilitadores. De seguida, foi feito um breve enquadramento da temática em estudo, assim como das técnicas a utilizar, para que os intervenientes se familiarizassem com o processo. Posteriormente, e para dar início ao primeiro momento, foi introduzida a seguinte questão-base (*i.e.*, *trigger question*): “*Em conformidade com os seus valores e experiência profissional, que fatores/características urbanas deverão estar na base da avaliação da digitalização urbana?*”. Esta questão estimulou a interação e a discussão entre todos os membros do painel, tendo sido respondida através da aplicação da “técnica dos *post-its*” (Ackermann & Eden, 2001), que sustenta a conceção do mapa cognitivo. A “técnica dos *post-its*” requer que cada um dos membros do painel de decisores escreva quais os critérios que considera serem relevantes para o processo de decisão em papéis autocolantes – *post-its* – tendo em conta os seus valores e experiência profissional. Seguindo a metodologia, cada *post-it* deve corresponder a apenas um critério de avaliação, devendo os decisores assinalar a relação de causalidade entre o critério e a problemática em questão com um sinal negativo (–) ou positivo (+) (Ferreira, 2011). O processo foi repetido até ao momento em que foi obtido um número de critérios significativo (*i.e.*, 157 critérios), no qual todo o painel de decisores se mostrou satisfeito com o resultado. Após esgotado o processo de licitação, e para dar início ao segundo momento da primeira sessão, foi solicitado aos decisores que agrupassem os critérios definidos

no primeiro momento (*i.e.*, *post-its*) por *clusters* (também denominados por “áreas de interesse”), de forma a que fossem criados grupos de critérios que se relacionam entre si, originando uma divisão do mapa em assuntos. Assim sendo, foram identificadas sete áreas de interesse, nomeadamente: *TIC*; *Energia*; *Mobilidade*; *Governance and Policy*; *Ambiente*; *Cidadania*; e *Economia*. Para dar continuidade à sessão, mais concretamente ao terceiro momento, foi ainda requerido aos decisores que realizassem uma análise interna a cada *cluster*. Na prática, o objetivo principal desta análise consistiu em hierarquizar os critérios de avaliação por ordem de importância na composição global do *cluster*, onde os critérios mais relevantes foram colocados no topo do *cluster*, os intermédios no meio e os menos relevantes na base. A *Figura 4.1* é ilustrativa de alguns momentos decorridos durante a primeira sessão, onde se aplicou a “técnica dos *post-its*” segundo a abordagem SODA.



**Figura 4.1: Momentos Registados Durante a Primeira Sessão**

Com toda a informação recolhida na primeira sessão, e com recurso ao *software Decision Explorer* (<http://www.baxia.com>), foi desenvolvido um mapa cognitivo de grupo, que, posteriormente, foi alvo de discussão e de validação por parte do painel de especialistas. Caso o painel de decisores não tivesse ficado satisfeito com a forma ou conteúdo do mapa cognitivo, ser-lhes-ia dada a possibilidade de reformular os agrupamentos, introduzir ou excluir critérios, ou, até mesmo, reiniciar todo o processo. A *Figura 4.2* exhibe a versão final do mapa cognitivo.



Composto por 157 critérios, o mapa cognitivo desenvolvido retrata os valores, a experiência e as convicções dos intervenientes no processo, uma vez que foi o resultado da discussão entre estes, durante a fase de estruturação. Apesar de ter exigido bastante dedicação dos dois facilitadores e uma grande disponibilidade dos decisores, esta fase revelou-se bastante proveitosa e pertinente, pois através deste processo interativo foi evidenciado todo o conhecimento dos decisores de forma simples e natural.

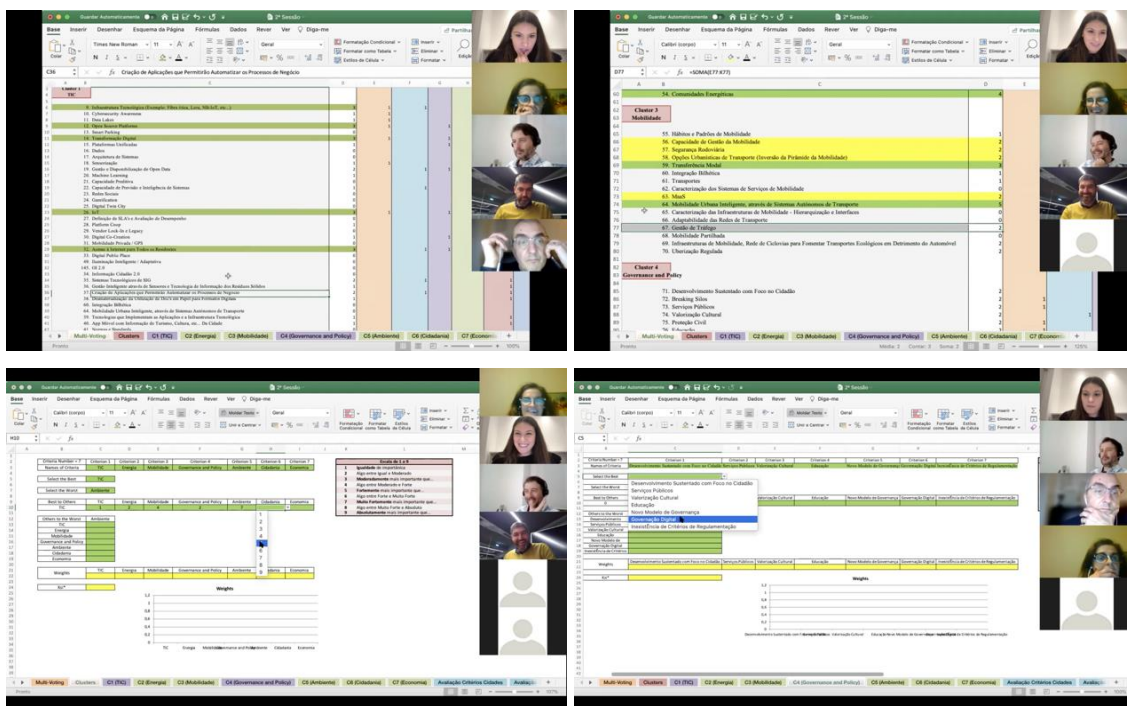
Ainda assim, e como mencionado anteriormente, importa realçar que este processo é inerentemente subjetivo, significando isto que, em função da duração das sessões, das circunstâncias ou dos intervenientes, o presente mapa cognitivo poderia ter sido diferente. Não obstante, *“cognitive maps present themselves as effective tools for the structuring of complex decision problems, promoting dialogue and discussion, and allowing for the visualization of ideas in real time, which facilitates their reorganization and the collaboration between the participants in the decision-making process”* (Faria et al., 2018, p. 119).

Em suma, o mapa cognitivo desenvolvido proporciona uma informação consolidada no que concerne ao problema em questão (*i.e.*, digitalização urbana) e permite notabilizar diversos critérios não considerados nos atuais modelos de avaliação da digitalização urbana. No ponto seguinte é explicada a aplicação do método BWM.

## **4.2. Aplicação do Método BWM**

Concluída a fase de estruturação, deu-se início à fase de avaliação, tendo esta sido realizada ao longo da segunda sessão de trabalho em grupo. Com uma duração de aproximadamente 3 horas, a sessão iniciou-se com uma breve explicação do método (*i.e.*, BWM) e da sua aplicabilidade no contexto da digitalização urbana. De seguida, foi aplicado o BWM que, como mencionado anteriormente, se encontra estruturado em 5 etapas (ver *Secção 3.2.1*). A *Figura 4.3* exhibe alguns dos momentos vividos durante a segunda sessão.





**Figura 4.3: Momentos Registrados Durante a Segunda Sessão**

Na primeira etapa, realizada por meio de técnicas nominais de grupo e *multi-voting*, foi solicitado aos decisores que, com base no mapa cognitivo anteriormente validado, identificassem o conjunto de critérios de decisão, dentro de cada um dos sete *clusters* definidos, que deveriam ser considerados na análise. O *Quadro 4.1* apresenta os critérios mais votados em cada área de interesse e, portanto, objeto de análise pelo método BMW.

Cluster	Crítérios
<b>TIC</b>	<p><b>C1</b> Infraestrutura tecnológica (<i>e.g.</i>, fibra ótica, Lora, NB-IoT)</p> <p><b>C2</b> <i>Open source platforms</i></p> <p><b>C3</b> Transformação digital</p> <p><b>C4</b> IoT</p> <p><b>C5</b> Acesso à Internet para todos os residentes</p> <p><b>C6</b> Sistemas tecnológicos de SIG</p> <p><b>C7</b> Criação de aplicações que permitirão automatizar os processos de negócio</p>
<b>Energia</b>	<p><b>C1</b> Transição energética</p> <p><b>C2</b> Descarbonização</p> <p><b>C3</b> Utilização de energias renováveis</p> <p><b>C4</b> Rede de postos de carregamento de veículos elétricos</p> <p><b>C5</b> Comunidades energéticas</p>
<b>Mobilidade</b>	<p><b>C1</b> Segurança rodoviária</p> <p><b>C2</b> Transferência modal</p> <p><b>C3</b> <i>Mobility as a Service</i> (MaaS)</p> <p><b>C4</b> Mobilidade urbana inteligente, através de sistemas autónomos de transporte</p> <p><b>C5</b> Infraestruturas de mobilidade, rede de ciclovias para fomentar transportes ecológicos em detrimento do automóvel</p>

<b>Governance and Policy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C1 Desenvolvimento sustentado com foco no cidadão</li> <li>C2 Serviços públicos</li> <li>C3 Valorização cultural</li> <li>C4 Educação</li> <li>C5 Novo modelo de governança</li> <li>C6 Governança digital</li> <li>C7 Inexistência de critérios de regulamentação</li> </ul>
<b>Ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C1 Introdução do conceito economia circular</li> <li>C2 Monitorização ambiental: poluição sonora, qualidade do ar, trânsito</li> <li>C3 Qualidade do ar</li> <li>C4 Gestão de resíduos</li> <li>C5 Consumo de água excessiva</li> </ul>
<b>Cidadania</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C1 Qualidade de vida urbana</li> <li>C2 Qualidade urbana</li> <li>C3 Urbanismo (transparência)</li> <li>C4 Economia partilhada</li> <li>C5 Plataformas de colaboração e dinâmica associativa</li> </ul>
<b>Economia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C1 Banca</li> <li>C2 Volume de criação de <i>startups</i> tecnológicas</li> <li>C3 Competitividade</li> <li>C4 Comércio</li> <li>C5 Ofertas de emprego</li> </ul>

**Quadro 4.1: Critérios Objeto de Análise pelo BWM**

Para concretizar a segunda etapa da aplicação do método BWM, foi requerido ao painel de decisores que, em conjunto, determinassem quais o melhor (*i.e.*, mais desejável, mais importante) e o pior (*i.e.*, menos desejável, menos importante) *clusters*. De seguida, foi solicitado que repetissem esse processo para o conjunto de critérios de decisão de cada *cluster*. Para dar continuidade à sessão, executou-se a terceira etapa do método BWM, que consistiu em determinar a importância relativa do melhor (*i.e.*, mais relevante) critério de cada um dos *clusters* sobre todos os outros critérios, utilizando uma escala de 1 a 9, sendo que o valor “1” sugere que os dois critérios têm igual importância e o valor “9” indica que o melhor critério é extremamente mais importante que o outro (ver *Apêndice A*). Na quarta etapa, os decisores determinaram a preferência de todos os critérios em relação ao pior critério (*i.e.*, menos relevante), utilizando essa mesma escala de 1 a 9, onde, mais uma vez, o valor “1” traduz que os dois critérios têm igual importância e o valor “9” significa que o outro critério é extremamente mais importante que o pior. Já na fase de conclusão desta segunda sessão, e concretizando a quinta etapa, calcularam-se os pesos de cada *cluster* e de cada um dos critérios de decisão (*i.e.*, os critérios considerados mais relevantes dentro de cada *cluster*, de acordo com o painel de decisores). Os *Quadros 4.2* e *4.3* expõem, respetivamente, os pesos dos *clusters* e dos critérios.

<i>Clusters</i>	<b>Pesos</b>
TIC	0.284074605
Energia	0.163558106
Mobilidade	0.081779053
<i>Governance and Policy</i>	0.163558106
Ambiente	0.034433286
Cidadania	0.163558106
Economia	0.109038737

**Quadro 4.2: Pesos dos Clusters**

<b>Cluster</b>	<b>Crêterios</b>	<b>Pesos</b>
<b>TIC</b>	<b>C1</b> Infraestrutura tecnológica ( <i>e.g.</i> , fibra ótica, Lora, NB-IoT)	0.291880781
	<b>C2</b> <i>Open source platforms</i>	0.022610483
	<b>C3</b> Transforma�o digital	0.21274409
	<b>C4</b> IoT	0.141829394
	<b>C5</b> Acesso � Internet para todos os residentes	0.047276465
	<b>C6</b> Sistemas tecnol�gicos de SIG	0.21274409
	<b>C7</b> Cria�o de aplica�es que permitirão automatizar os processos de neg�cio	0.070914697
<b>Energia</b>	<b>C1</b> Transi�o energ�tica	0.367213115
	<b>C2</b> Descarboniza�o	0.263934426
	<b>C3</b> Utiliza�o de energias renováveis	0.263934426
	<b>C4</b> Rede de postos de carregamento de veículos elétricos	0.029508197
	<b>C5</b> Comunidades energéticas	0.075409836
<b>Mobilidade</b>	<b>C1</b> Segurança rodoviária	0.256179775
	<b>C2</b> Transferência modal	0.128089888
	<b>C3</b> <i>Mobility as a Service</i> (MaaS)	0.053932584
	<b>C4</b> Mobilidade urbana inteligente, através de sistemas aut�nomos de transporte	0.391011236
	<b>C5</b> Infraestruturas de mobilidade, rede de ciclovias para fomentar transportes ecológicos em detrimento do automóvel	0.170786517

<b>Governance and Policy</b>	C1 Desenvolvimento sustentado com foco no cidadão	0.196261682
	C2 Serviços públicos	0.056074766
	C3 Valorização cultural	0.098130841
	C4 Educação	0.196261682
	C5 Novo modelo de governança	0.130841121
	C6 Governança digital	0.294392523
	C7 Inexistência de critérios de regulamentação	0.028037383
<b>Ambiente</b>	C1 Introdução do conceito economia circular	0.333333333
	C2 Monitorização ambiental: poluição sonora, qualidade do ar, trânsito	0.066666667
	C3 Qualidade do ar	0.2
	C4 Gestão de resíduos	0.2
	C5 Consumo de água excessiva	0.2
<b>Cidadania</b>	C1 Qualidade de vida urbana	0.347368421
	C2 Qualidade urbana	0.221052632
	C3 Urbanismo (transparência)	0.147368421
	C4 Economia partilhada	0.221052632
	C5 Plataformas de colaboração e dinâmica associativa	0.063157895
<b>Economia</b>	C1 Banca	0.231543624
	C2 Volume de criação de <i>startups</i> tecnológicas	0.033557047
	C3 Competitividade	0.154362416
	C4 Comércio	0.348993289
	C5 Ofertas de emprego	0.231543624

**Quadro 4.3: Pesos dos Critérios**

Após obtidos os pesos, e ainda na fase de avaliação, foi endereçado um questionário a todas as câmaras municipais das capitais de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores, de forma a materializar os resultados do modelo de avaliação criado na presente dissertação. Para dar resposta ao questionário, foi solicitado que pontuassem, numa escala de 1 a 9 pontos, os critérios mais significativos pertencentes a cada área de interesse (*i.e.*, onde o valor “1” sugere que determinado critério não se identifica com a cidade em questão e o valor “9” significa que determinado critério se identifica totalmente com a cidade em questão). Durante este processo, foi dada a devida atenção ao facto de os respondentes terem conhecimento no tema em análise (*i.e.*, digitalização urbana), nomeadamente presidentes de câmara e vereadores com responsabilidades em pelouros significativos no âmbito da transformação digital de uma cidade. O *Quadro 4.4* apresenta os *scores* obtidos.

<i>Clusters</i>	<b>TIC</b>							<b>Energia</b>					<b>Mobilidade</b>					<b>Governance and Policy</b>							<b>Ambiente</b>					<b>Cidadania</b>					<b>Economia</b>					
<b>Crítérios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>Aveiro</b>	8	8	7	7	8	9	7	6	6	7	8	2	6	7	5	5	7	7	8	8	8	7	8	4	6	8	8	7	4	8	8	8	6	6	7	8	8	8	8	8
<b>Beja</b>	7	2	3	2	6	3	3	5	3	9	9	2	3	3	3	1	5	3	3	7	7	3	3	3	5	1	1	7	9	5	5	5	3	3	7	3	3	3	6	
<b>Braga</b>	8	7	7	7	8	6	5	7	8	7	6	6	8	8	6	4	7	8	8	8	8	6	6	4	6	7	6	7	6	8	8	8	6	6	6	8	8	8	8	8
<b>Bragança</b>	8	5	5	5	7	6	7	7	9	9	9	7	8	8	7	5	9	7	9	9	9	9	9	7	5	5	5	9	2	9	9	9	7	9	5	8	8	8	6	
<b>Castelo Branco</b>	8	3	6	6	8	6	3	7	7	7	6	4	7	1	1	1	8	8	6	7	8	5	5	2	6	5	5	6	8	8	8	6	5	5	2	6	5	5	5	
<b>Coimbra</b>	7	2	2	4	8	7	3	4	4	4	5	3	6	5	1	1	3	2	6	5	7	3	3	8	7	1	4	3	8	8	7	1	3	3	7	8	4	8	3	
<b>Évora</b>	5	5	5	4	5	5	5	5	5	6	5	5	7	5	5	2	4	5	5	7	5	5	4	7	5	7	8	7	5	8	7	6	4	4	4	5	5	5	3	
<b>Faro</b>	8	8	8	3	7	5	6	5	5	5	5	7	5	5	5	3	6	5	5	8	7	5	5	5	3	3	3	3	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
<b>Funchal</b>	9	4	6	6	4	7	9	7	5	6	3	6	5	5	5	5	9	8	8	7	7	8	8	5	8	7	7	8	8	8	7	6	7	8	5	3	7	7	8	
<b>Guarda</b>	9	9	5	3	7	7	2	7	7	5	7	3	9	9	1	1	5	7	8	9	9	9	6	1	5	5	9	9	4	9	9	9	9	9	8	4	6	5	4	
<b>Leiria</b>	3	3	3	3	3	7	4	4	5	4	6	3	5	3	3	3	5	5	5	7	8	4	5	3	4	4	5	5	5	7	6	5	3	3	6	5	7	6	7	
<b>Lisboa</b>	9	4	8	9	5	7	8	8	8	8	8	8	8	7	6	7	8	6	7	7	7	8	8	5	7	8	8	7	6	6	6	6	6	5	8	8	8	8	9	
<b>Portalegre</b>	8	4	6	6	6	7	7	8	8	7	6	6	6	2	1	4	4	5	7	7	7	6	5	4	6	8	8	7	6	8	7	6	6	5	5	7	7	6	4	
<b>Porto</b>	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	9	7	9	8	8	7	9	9	8	8	9	8	9	5	8	8	8	9	8	9	9	8	8	8	7	8	8	7	8	
<b>Ponta Delgada</b>	9	4	5	3	6	5	5	8	6	9	3	3	8	6	5	2	3	6	6	7	6	6	5	6	7	5	5	6	6	8	7	5	5	5	4	3	4	5	4	
<b>Santarém</b>	8	6	8	5	7	8	7	4	6	4	4	5	6	2	3	1	8	6	8	7	8	7	6	5	5	4	7	6	5	7	7	7	3	7	8	5	5	6	6	
<b>Setúbal</b>	5	3	5	6	6	6	5	4	4	3	5	5	5	7	6	4	6	8	6	7	7	4	5	5	5	6	6	5	6	8	7	8	5	5	4	4	6	6	5	
<b>Viana do Castelo</b>	5	1	1	3	3	6	1	1	1	5	4	1	8	7	1	1	8	6	6	7	7	2	4	5	4	4	3	3	7	8	8	8	3	2	5	2	7	5	5	
<b>Vila Real</b>	5	3	4	1	9	6	1	5	7	3	7	1	7	7	1	1	5	5	9	9	9	7	5	1	2	3	9	7	2	9	9	8	2	1	7	3	5	5	4	
<b>Viseu</b>	7	6	7	6	7	5	8	8	9	7	8	5	5	6	6	7	7	8	9	9	9	8	6	3	5	6	9	8	4	9	9	6	6	7	6	7	8	8	7	

**Quadro 4.4: Pontuações Parciais Atribuídas a Cada uma das Alternativas**

Obtidas as pontuações de cada capital de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores, foi aplicado um modelo aditivo simples e foi obtido um *ranking* das cidades em relação à digitalização urbana. No próximo ponto, será realizada a análise de resultados e serão apresentadas as recomendações resultantes da sessão de validação dos resultados e do sistema de avaliação desenvolvido na presente dissertação.

### 4.3. Análise de Resultados e Formulação de Recomendações

Como referido, um dos objetivos deste ponto passa por analisar os resultados resultantes da aplicação do método BWM. A título exemplificativo, o *Quadro 4.5* apresenta os passos seguidos para o cálculo dos pesos dos *clusters*. A *Figura 4.4* apresenta graficamente os pesos dos *clusters*. Para análise dos restantes cálculos efetuados, ver *Apêndice A*.

<i>Cluster Number = 7</i>	<i>Names of Criteria</i>
<i>Cluster 1</i>	TIC
<i>Cluster 2</i>	Energia
<i>Cluster 3</i>	Mobilidade
<i>Cluster 4</i>	<i>Governance and Policy</i>
<i>Cluster 5</i>	Ambiente
<i>Cluster 6</i>	Cidadania
<i>Cluster 7</i>	Economia

<i>Select the Best</i>	TIC
------------------------	-----

<i>Select the Worst</i>	Ambiente
-------------------------	----------

<i>Best to Others</i>	TIC
TIC	1
Energia	2
Mobilidade	4
<i>Governance and Policy</i>	2
Ambiente	7
Cidadania	2
Economia	3

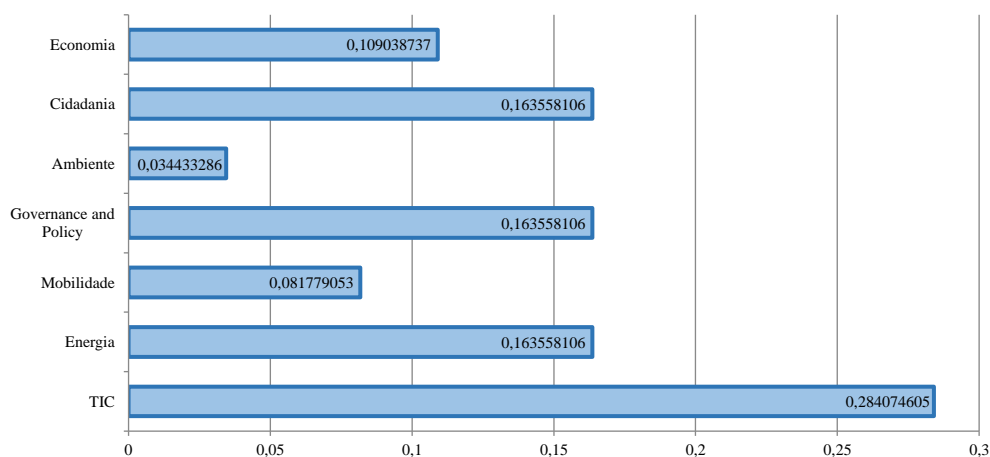
<i>Others to the Worst</i>	Ambiente
TIC	7
Energia	6
Mobilidade	2
<i>Governance and Policy</i>	6
Ambiente	1

Cidadania	6
Economia	2

<i>Criteria</i>	<i>Weights</i>
C1 TIC	0.284074605
C2 Energia	0.163558106
C3 Mobilidade	0.081779053
C4 Governance and Policy	0.163558106
C5 Ambiente	0.034433286
C6 Cidadania	0.163558106
C7 Economia	0.109038737

<b>Ksi*</b>	0.043041607
-------------	-------------

**Quadro 4.5: Aplicação do BWM aos Clusters**



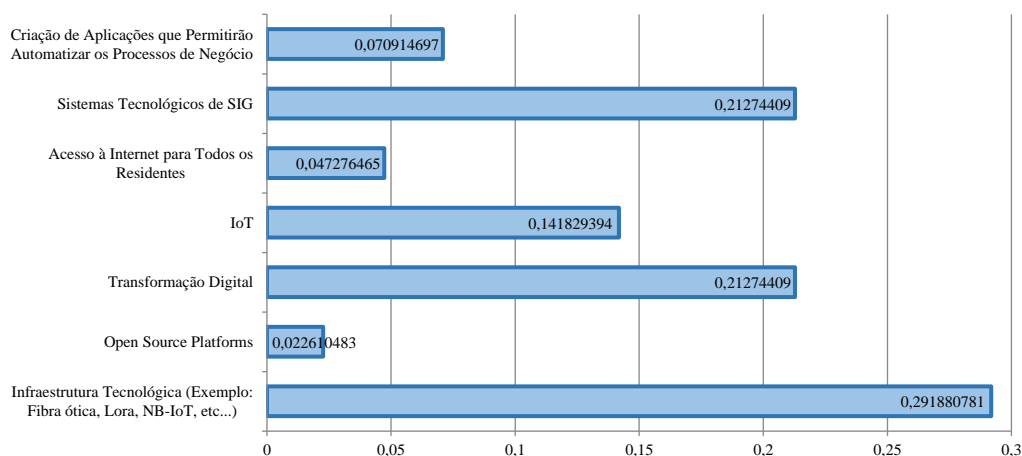
Ksi\* = 0.043041607

**Figura 4.4: Pesos dos Clusters**

Após a aplicação do BWM para as áreas de interesse identificadas pelo grupo de decisores, no sentido de se obter os pesos de cada uma, foi possível retirar que o *cluster TIC* é o que maior peso tem na avaliação da digitalização urbana, tal como ilustra a *Figura 4.4*. Este resultado está de acordo com o esperado, uma vez que o *cluster TIC* é o mais pertinente segundo a literatura (cf. Balogun *et al.*, 2020), sendo graças à inovação tecnológica que é possível levar a cabo a transformação digital de uma cidade. Ou seja, este *cluster* manifesta-se como a base da digitalização urbana. Por outro lado, é de salientar que o *cluster Ambiente* é o menos relevante, uma vez que é aquele que apresenta um peso menos significativo quando comparado com os



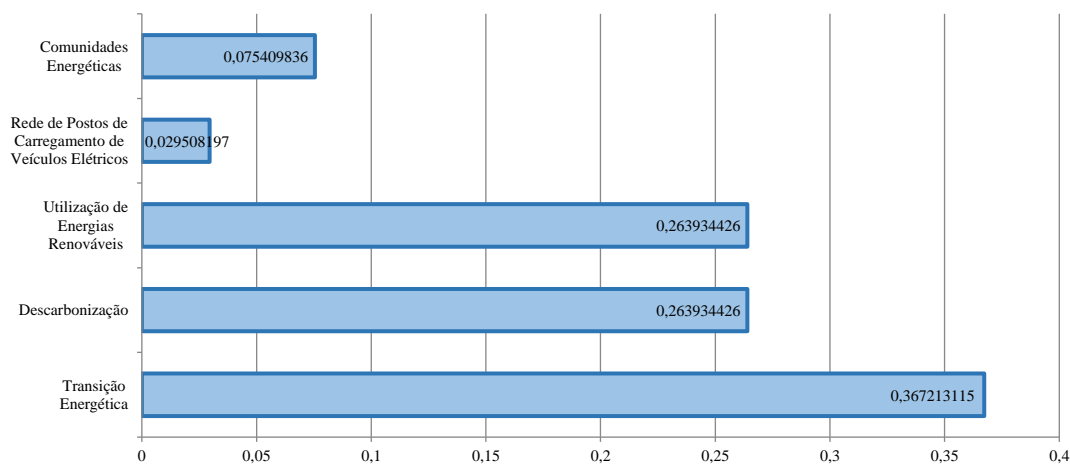
restantes (*i.e.*, *Energia, Mobilidade, Governance and Policy, Cidadania, e Economia*). A *Figura 4.5* ilustra os pesos dos critérios mais importantes do *cluster TIC*.



$K_{si}^* = 0.1336074$

**Figura 4.5: Pesos dos Critérios do *Cluster TIC***

No *cluster TIC* – considerado o mais relevante para avaliação da digitalização urbana por parte do painel de especialistas – verifica-se uma grande discrepância entre o peso dos critérios *infraestrutura tecnológica (exemplo: fibra ótica, Lora, NB-IoT, etc...)* e *open source platforms*, como ilustra a *Figura 4.5*. O critério *infraestrutura tecnológica (exemplo: fibra ótica, Lora, NB-IoT, etc...)* apresenta-se como o mais relevante, visto que é considerado como fundamental para o processo de digitalização de uma cidade. Contrariamente, o painel de decisores considerou que o critério *open source platforms* não tem grande importância quando comparado com os restantes, algo que é reforçado com a aplicação do BWM.

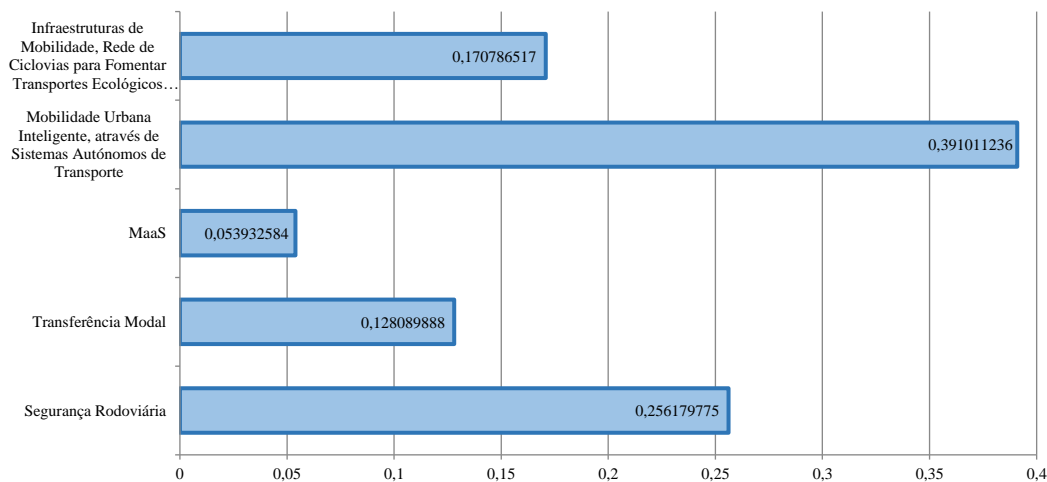


$K_{si}^* = 0.160655738$

**Figura 4.6: Pesos dos Critérios do Cluster Energia**

O *cluster Energia* foi apontado como bastante importante pelos membros do painel, uma vez que é impossível colocar a digitalização das cidades em prática sem uma fonte de energia. Como podemos observar na *Figura 4.6*, há uma grande disparidade entre os pesos dos três primeiros critérios (*i.e.*, *transição energética*, *descarbonização* e *utilização de energias renováveis*) e dos dois últimos (*i.e.*, *rede de postos de carregamento de veículos elétricos* e *comunidades energéticas*). Assim, podemos afirmar que o critério *transição energética* é, seguramente, o critério com mais relevo, seguido dos critérios *descarbonização* e *utilização de energias renováveis*, que apresentam o mesmo peso. Em contrapartida, os critérios *comunidades energéticas* e *rede de postos de carregamento de veículos elétricos* têm pesos muito baixos quando comparados com os restantes, sendo, portanto, os menos significativos quando se avalia o *cluster Energia* de uma cidade.

À semelhança do *cluster Energia*, os pesos dos critérios integrantes do *cluster Mobilidade* não são equilibrados, como ilustra a *Figura 4.7*. Como o nome indica, este *cluster* reúne a componente mobilidade e tudo a ela inerente numa cidade *smart*, sendo que o critério *mobilidade urbana inteligente*, através de *sistemas autónomos de transporte*, apresenta um peso bastante significativo já que se trata de um critério deveras holístico quando comparado com os restantes.

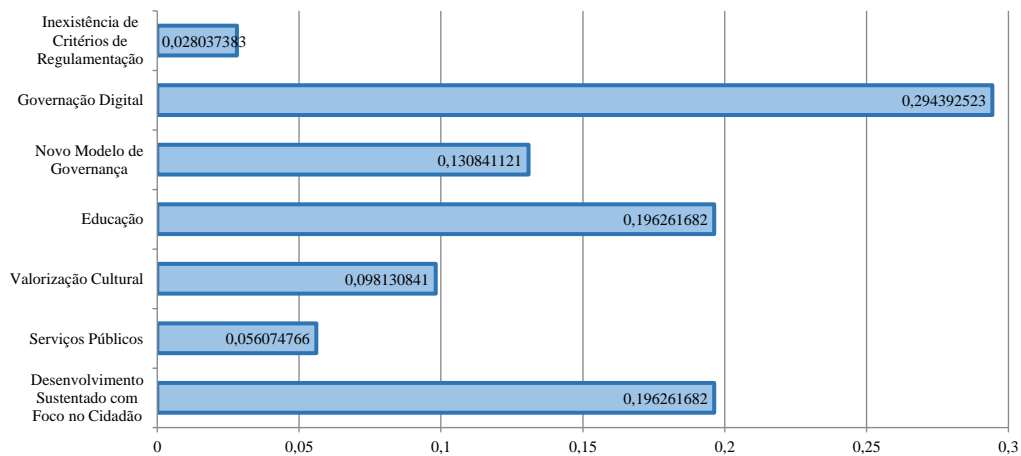


$K_{si}^* = 0.121348315$

**Figura 4.7: Pesos dos Critérios do Cluster Mobilidade**

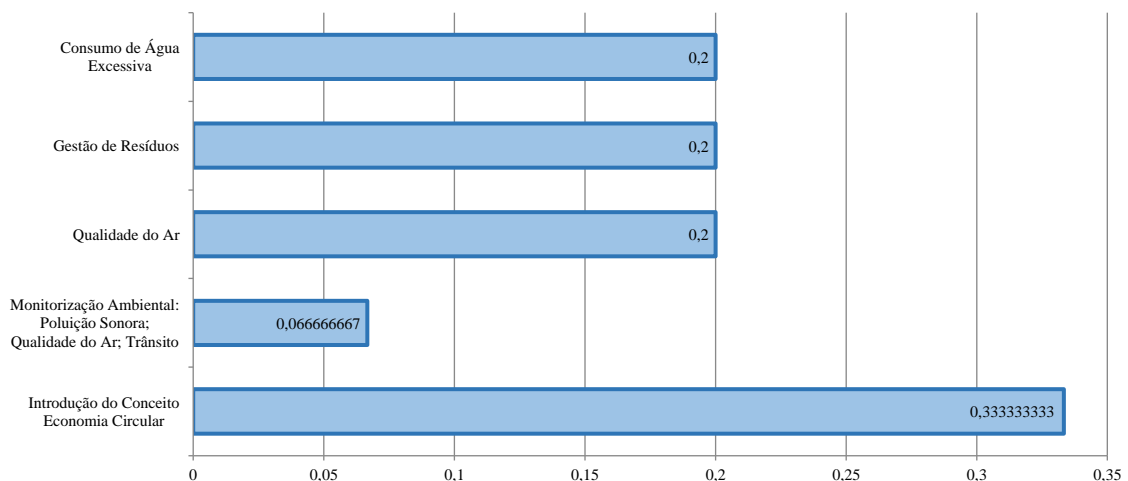
Em conformidade com a *Figura 4.7*, o critério *segurança rodoviária* apresenta também um peso relevante, algo que era esperado, pois segundo os decisores, se não for cumprida a segurança rodoviária, o bom funcionamento dos restantes critérios que fazem parte deste *cluster* vai ser comprometido. Por apresentar um peso mais baixo, o critério *mobility as a service* (MaaS) é o que menos relevo tem neste *cluster*.

Em conformidade com a *Figura 4.8*, o critério *governança digital* é o que tem maior peso dentro do *cluster Governance and Policy*, algo que vai ao encontro do esperado dado o tema da presente dissertação (*i.e.*, digitalização urbana). De seguida, e por exibirem pesos ainda significativos, manifestam-se os critérios *desenvolvimento sustentado com foco no cidadão e educação* com o mesmo peso e, portanto, com igual importância neste *cluster*. Em oposição, evidencia-se o critério *inexistência de critérios de regulamentação* com um peso pouco significativo.



$K_{si}^* = 0.098130841$

**Figura 4.8: Pesos dos Critérios do *Cluster Governance and Policy***

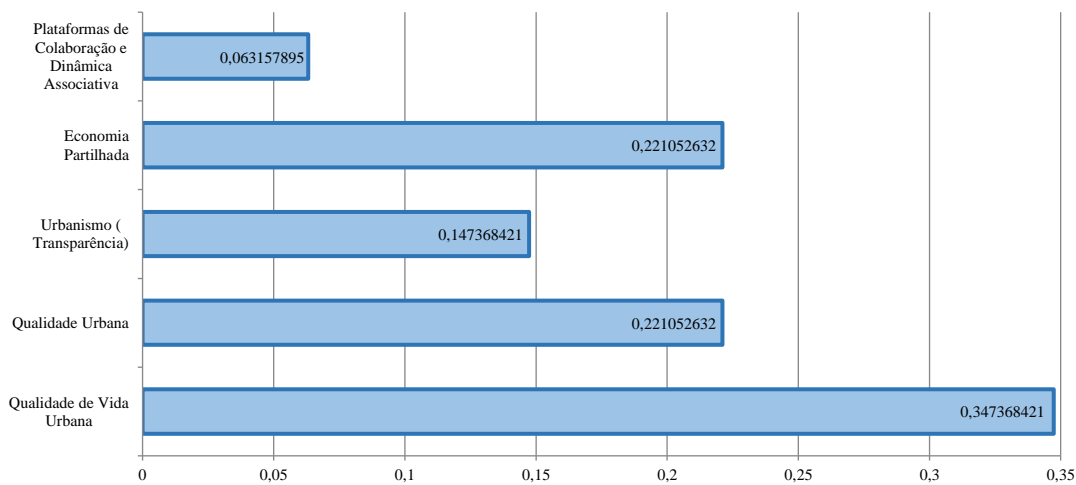


$K_{si}^* = 0.066666667$

**Figura 4.9: Pesos dos Critérios do *Cluster Ambiente***

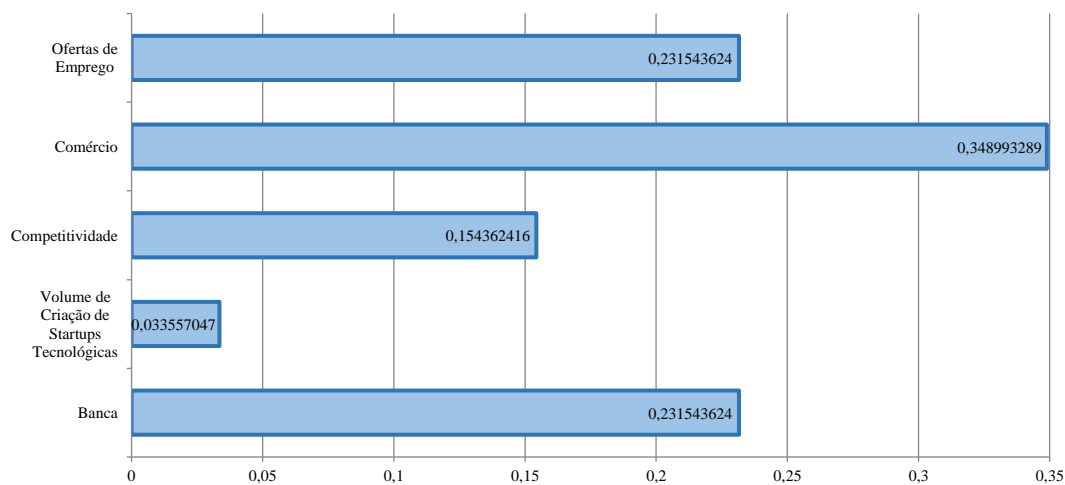
Os resultados apresentados na *Figura 4.9* – que retrata os pesos dos critérios integrantes do *cluster Ambiente* (i.e., caracterizado como o menos significativo para a avaliação da digitalização urbana por parte do painel de decisores) – revelam que o critério *introdução do conceito economia circular* é o mais relevante dentro deste *cluster*, pois é o que tem um maior peso. Por esse motivo, as cidades devem priorizar esse critério. De seguida, e com igualdade de pesos, surgem os critérios *qualidade do ar*, *gestão de resíduos* e *consumo de água excessiva*.

Por fim, o critério *monitorização ambiental: poluição sonora, qualidade do ar, trânsito* é o menos significativo já que apresenta um peso bastante baixo quando comparado com os restantes. Tendo em conta a *Figura 4.10*, que retrata os pesos dos critérios que integram o *cluster Cidadania*, podemos retirar que o critério *qualidade de vida urbana* é aquele que mais destaque tem neste *cluster*, dado que apresenta um peso elevado. Em oposição, e por apresentar um peso relativamente baixo, o critério *plataformas de colaboração e dinâmica associativa* é o menos relevante dentro dos critérios mais importantes deste *cluster*.



$K_{si}^* = 0.094736842$

**Figura 4.10: Pesos dos Critérios do *Cluster Cidadania***



$K_{si}^* = 0.11409396$

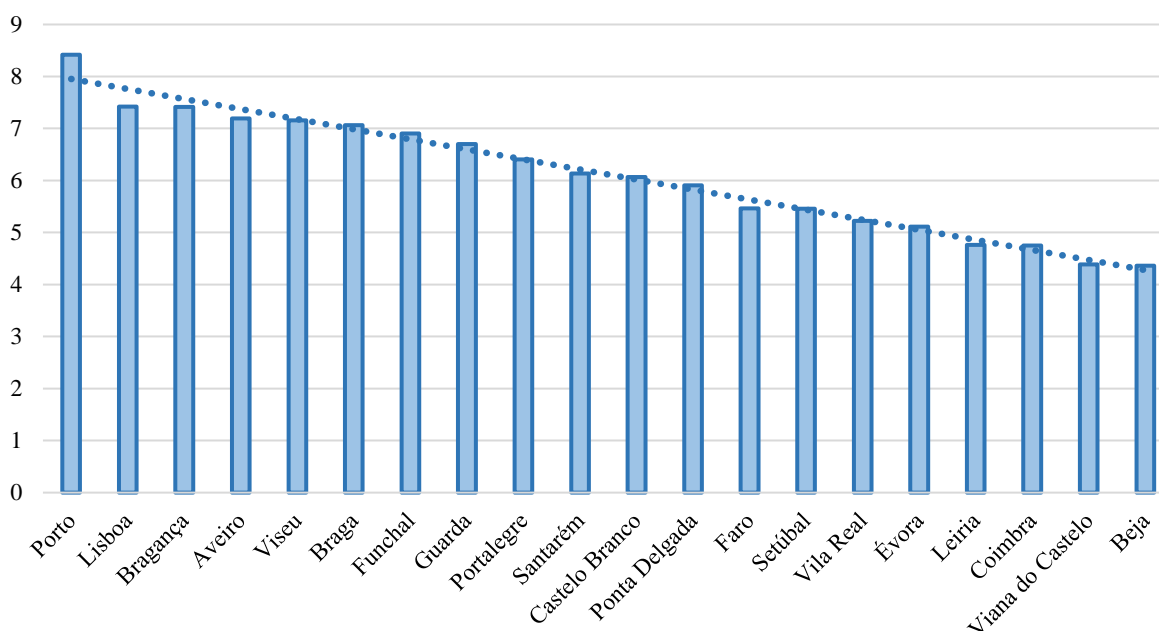
**Figura 4.11: Pesos dos Critérios do *Cluster Economia***

Por fim, relativamente à *Figura 4.11*, podemos afirmar que os critérios *comércio*, *ofertas de emprego*, *banca* e *competitividade* são significativos, pois apresentam pesos interessantes. Contrariamente, o critério *volume de criação de startups tecnológicas* é o menos relevante no *cluster Economia*. É ainda importante realçar que se calculou o rácio de consistência (Ksi\*) em cada aplicação do método BWM, que tem como propósito verificar a consistência dos pesos alcançados. Como se obteve um valor próximo de zero no rácio de consistência em todas as aplicações do método, podemos concluir que as comparações previamente realizadas pelo painel de especialistas são confiáveis e, por conseguinte, os resultados são de confiança.

Por meio dos resultados provenientes da aplicação do BWM na presente dissertação e da resposta ao questionário por parte das câmaras municipais de cada capital de distrito de Portugal, foi possível obter um *ranking* de alternativas para as capitais de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores. É importante ter presente que o *overall score* obtido para cada alternativa foi calculado com base num modelo aditivo simples. O *Quadro 4.6* e a *Figura 4.12* mostram a ordenação final obtida.

<i>Ranking of Alternatives</i>		
<i>#</i>	<i>Alternative</i>	<i>Score</i>
1	Porto	8.41976
2	Lisboa	7.42314
3	Bragança	7.41529
4	Aveiro	7.19298
5	Viseu	7.15405
6	Braga	7.06271
7	Funchal	6.90706
8	Guarda	6.70150
9	Portalegre	6.40471
10	Santarém	6.13361
11	Castelo Branco	6.06877
12	Ponta Delgada	5.90555
13	Faro	5.46146
14	Setúbal	5.45658
15	Vila Real	5.22447
16	Évora	5.11166
17	Leiria	4.76527
18	Coimbra	4.74942
19	Viana do Castelo	4.38634
20	Beja	4.36191

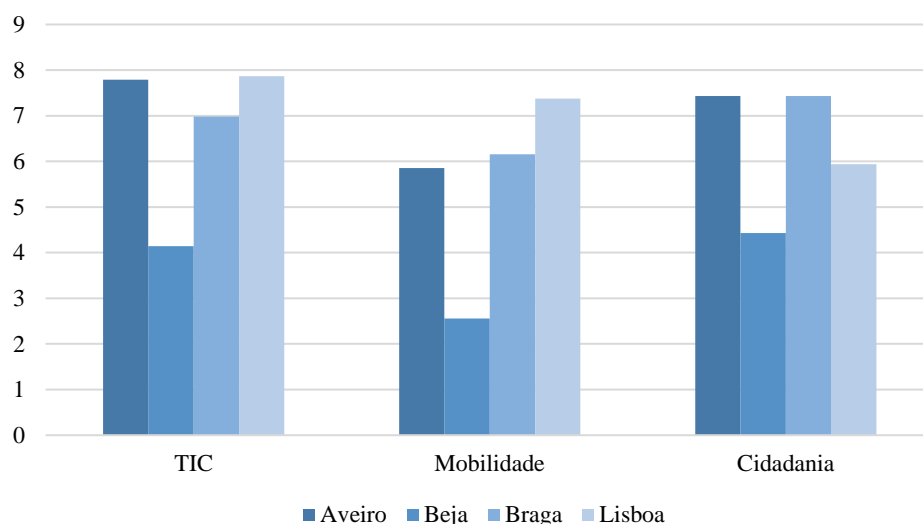
**Quadro 4.6:** *Ranking* de Alternativas Referente ao Modelo



**Figura 4.12: Ranking de Alternativas Referentes ao Modelo**

Conforme exibem o *Quadro 4.6* e a *Figura 4.12*, e em concordância com a percepção das câmaras municipais que responderam ao inquérito, a alternativa com um melhor *ranking* é a cidade do Porto, com uma pontuação de 8.3945 pontos. De seguida, surge a cidade de Lisboa, com 7.4659 pontos, que apenas obteve maior pontuação que o Porto nos *clusters Energia* e *Economia*. É de realçar que foi no *cluster Cidadania* que houve uma maior discrepância nas pontuações entre as duas cidades. As cidades de Bragança, Aveiro, Viseu e Braga também apresentam um *ranking* bastante atrativo, em oposição a cidades como Leiria, Coimbra, Viana do Castelo e Beja. Esta última é, inclusive, a alternativa com pior *ranking*, tendo obtido uma pontuação de apenas 4.3619 pontos, havendo, portanto, um longo caminho a percorrer no que diz respeito à digitalização da cidade.

Tendo em conta as avaliações parciais das cidades alvo de análise na presente dissertação, os gestores, planeadores urbanos e decisores políticos serão capazes de formular sugestões de melhoria, uma vez que é possível identificar quais as áreas de intervenção que devem ser priorizadas. A título exemplificativo, a *Figura 4.13* exhibe as avaliações parciais das cidades Aveiro, Beja, Braga e Lisboa relativamente aos *clusters TIC, Mobilidade* e *Cidadania*.



**Figura 4.13: Avaliações Parciais das Cidades Aveiro, Beja, Braga e Lisboa**

Tendo como base a *Figura 4.13*, é possível formular sugestões de melhoria para as cidades de Aveiro, Beja, Braga e Lisboa, uma vez que é visível em que dimensões é que cada cidade pode melhorar. Como podemos observar, as cidades de Aveiro, Braga e Lisboa apresentam uma boa pontuação nos *clusters* representados na *Figura 4.13* (*i.e.*, *TIC*, *Mobilidade* e *Cidadania*). Não obstante, é possível aferir também que, nas cidades de Aveiro e de Braga, o *cluster Mobilidade* é o que apresenta uma pontuação mais baixa quando comparado com os restantes. Posto isto, Aveiro e Braga devem atuar nesta dimensão (*i.e.*, *Mobilidade*), pois trata-se de um *cluster* com algum relevo, acabando por ter um impacto significativo na avaliação geral da digitalização das respetivas cidades. Quanto à alternativa com pior *ranking* – *i.e.*, Beja –, as pontuações parciais são muito baixas quando comparadas com as demais cidades. Assim sendo, como sugestão de melhoria para a cidade de Beja, recomenda-se que esta melhore em todas as dimensões, inclusive as que não se encontram representadas na *Figura 4.13*. Por fim, relativamente à segunda alternativa com melhor *ranking* – *i.e.*, Lisboa –, é possível retirar que apresenta pontuações atrativas em todas as dimensões. No entanto, o *cluster Cidadania* tem um peso muito significativo na avaliação da digitalização urbana e é onde Lisboa exhibe pior pontuação. Deste modo, Lisboa deve investir mais na qualidade de vida dos seus residentes.

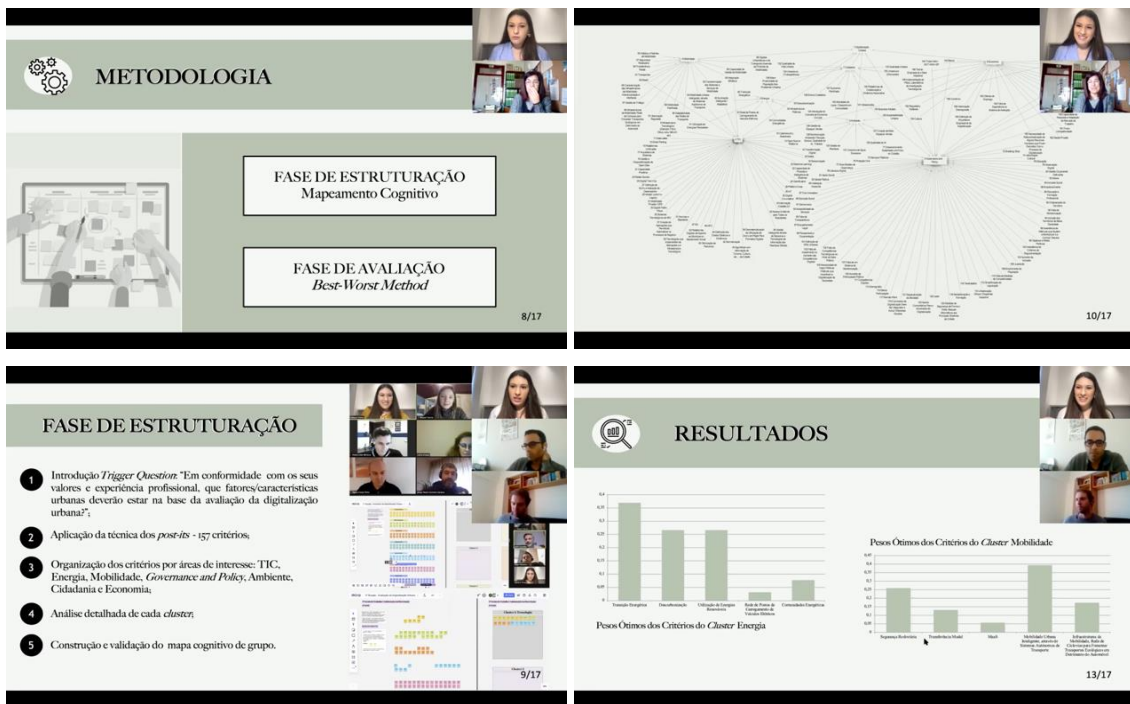
É ainda pertinente mencionar que a cidade de Bragança obteve uma pontuação menos atrativa no *cluster Ambiente*. Ainda assim, esta cidade apresenta um bom *ranking*, pois este *cluster* é o menos significativo (*i.e.*, tem menos peso) aquando da avaliação da digitalização urbana. Podemos verificar também que, de uma forma geral, o *cluster* com pior pontuação é



*Mobilidade*, exceto nas cidades de Bragança, Faro, Lisboa, Porto, Ponta Delgada, Setúbal, Viana do Castelo e Viseu.

Dada como concluída a fase de avaliação, sucederam-se duas sessões de consolidação com elementos neutros no processo (*i.e.*, por não terem participado em nenhuma das sessões previamente realizadas). Estes elementos serviram como representantes de entidades de referência na temática em estudo (*i.e.*, digitalização urbana), mais especificamente: Associação Nacional de Municípios Portugueses (ANMP) e da Agência Nacional de Inovação (ANI). À semelhança das sessões realizadas anteriormente, as sessões de consolidação foram realizadas *online* e tiveram a duração aproximada de 1 hora, tendo sido organizadas em conformidade com a seguinte ordem de trabalhos: (1) contextualização da temática e das metodologias adotadas na construção do modelo de apoio à tomada de decisão multicritério para a avaliação da digitalização urbana; (2) análise de resultados; (3) identificação das principais vantagens e desvantagens do sistema de avaliação desenvolvido face a outros projetos/práticas de avaliação existentes; (4) análise da aplicabilidade prática do modelo de avaliação; e, por fim, (5) sugestões de melhoria.

Posto isto, o início das sessões foi marcado por um breve enquadramento da temática e das metodologias aplicadas no desenvolvimento do modelo de avaliação, onde se destacou que o sistema de avaliação se encontra assente numa lógica construtivista, tendo sido desenvolvido por meio dos valores e das experiências dos membros do painel de decisores. De seguida, procedeu-se à análise do mapa cognitivo, bem como à análise dos resultados provenientes da aplicação do BWM. A *Figura 4.14* apresenta alguns momentos registados durante as sessões de consolidação.



**Figura 4.14: Momentos Registrados Durante a Sessão de Consolidação**

A primeira sessão de consolidação contou a presença de uma técnica superior da ANMP, responsável pela coordenação da definição e da implementação da estratégia nacional de *smart cities*. Esta especialista salientou que o modelo era resultado de um “*processo bem feito*” e que se tinham obtido “*resultados credíveis*”. Não obstante, a especialista referiu que, “*se o painel fosse diferente, iria obter outros resultados, que não seriam nem melhores, nem piores, nem mais credíveis ou menos credíveis*” (nas suas próprias palavras). Todavia, foi-lhe explicado que a subjetividade inerente a este processo é reconhecida na literatura como parte do método e integrada no processo de decisão. Além disso, como referem Bell e Morse (2013), a lógica deverá ser orientada para o processo, pelo que não se colocam, nestes casos, questões de representatividade ou generalização. Posto isto, o sistema desenvolvido foi considerado útil no processo de avaliação da digitalização urbana.

A segunda sessão de consolidação contou com a colaboração do *Head of Monitoring Unit* e do *Horizon Europe National Delegate & Contact Point for Cluster 5: Climate, Energy and Mobility* da ANI, ambos possuidores de conhecimento especializado na temática em estudo. Segundo os especialistas, “*o modelo dos workshops é bastante interessante*” por envolver elementos com conhecimento na área e por não ser completamente teórico. Além disso, enalteceram o facto de se ter conseguido arranjar uma alternativa bastante viável para realizar as sessões via *online*. Quanto à fase de avaliação, um dos entrevistados referiu “*as ponderações*

*atribuídas resultam de uma metodologia bem fundamentada” e que “os resultados têm a sua robustez e validade” (citando as suas palavras).*

Relativamente ao *ranking* de alternativas, um dos entrevistados referiu que *“pode haver imensas diferenças entre os desafios/necessidades que os municípios têm e o facto de os critérios terem sempre a mesma ponderação na avaliação de diferentes alternativas não equilibra esse ponto de vista”* (nas suas próprias palavras). Isto faz com que a comparação direta entre as capitais de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores possa não fazer muito sentido. Não obstante, frisou a ideia de que isto não é propriamente uma fraqueza ou limitação do modelo, sendo que é mais uma consideração a ter em conta aquando a análise dos resultados. Adicionalmente, o mesmo entrevistado referiu que poderá haver enviesamento nos resultados do *ranking*, já que este foi elaborado tendo como base autoavaliações de cada município. Posto isto, ambos concordaram que, se o *ranking* fosse realizado por um conjunto de avaliadores independentes a cada cidade, o resultado final seria mais comparável, uma vez que estes iriam interpretar os conceitos e a escala da mesma forma.

Como sugestão futura, foi referido que seria interessante reunir grupos de especialistas equilibrados e verificar se os resultados finais seriam similares. Achou-se também relevante a introdução de um critério que indicasse qual o grau de adoção, por parte dos municípios, de compras públicas de inovação, visto que é um tema muito atual e que irá ser cada vez mais falado. No final da sessão, os especialistas manifestaram agrado com os resultados alcançados e evidenciaram a elevada aplicabilidade do sistema de avaliação desenvolvido na presente dissertação.

## SINOPSE DO CAPÍTULO 4

Este quarto capítulo materializou a componente empírica da presente dissertação, que se encontra estruturada em três fases: (1) *estruturação*; (2) *avaliação*; e (3) *elaboração de recomendações*. Para tal, recorreu-se a um painel de oito decisores com *know-how* nas diversas áreas relacionadas com a digitalização urbana. Com o intuito de materializar a fase de estruturação, realizou-se a primeira sessão, onde se definiu o problema em análise através da seguinte *trigger question*: “*Em conformidade com os seus valores e experiência profissional, que fatores/características urbanas deverão estar na base da avaliação da digitalização urbana?*”. Respondida através da “*técnica dos post-its*”, esta questão permitiu expor os critérios de avaliação considerados relevantes no âmbito da digitalização urbana. De seguida, o painel de decisores alocou os critérios de avaliação em *clusters*, tendo sido possível identificar as seguintes áreas de interesse inerentes ao problema em análise: *TIC; Energia; Mobilidade; Governance and Policy; Ambiente; Cidadania; e Economia*. No final desta sessão, foi solicitado aos decisores que hierarquizassem os critérios de avaliação por ordem de importância na composição global do *cluster*. Como resultado, obteve-se um mapa cognitivo de grupo que retrata o conhecimento dos intervenientes no processo, proporcionando assim uma informação consolidada no que concerne à digitalização urbana. Após a validação do mapa cognitivo, procedeu-se à segunda sessão com o mesmo painel de decisores, onde se materializou a fase de avaliação por meio da aplicação do BWM. Através de uma escala de 1 a 9, os decisores determinaram a importância relativa do melhor critério sobre todos os outros critérios e de todos os outros critérios em relação ao pior critério. Isso permitiu obter os pesos de cada *cluster* e de cada um dos critérios de decisão alvo de análise. Perante o exposto, tornou-se possível a criação de um modelo de avaliação multicritério coerente, transparente e com forte aplicabilidade no âmbito da digitalização urbana. Posteriormente, foi endereçado um questionário a todas as câmaras municipais das capitais de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores, com o propósito de obter os resultados do modelo de avaliação elaborado. Avaliadas as capitais de distrito, foi possível criar um *ranking* de alternativas, sendo que o município com melhor *ranking* foi Porto, enquanto que Beja é o município que apresenta pior *ranking*. Por fim, na fase de elaboração de recomendações, tiveram lugar duas últimas sessões, cujo objetivo foi consolidar os resultados obtidos e validar o sistema de avaliação criado. Essas sessões contaram com a presença de elementos neutros no processo e que manifestaram *feedback* positivo relativamente ao sistema de avaliação criado.



Concluída a componente empírica da presente dissertação, este último capítulo visa expor as principais conclusões do estudo desenvolvido. Para tal, são apresentados os principais resultados e as limitações do estudo, seguindo-se uma síntese dos contributos teóricos e das reflexões práticas sobre o modelo desenvolvido para a área da Gestão. Por último, serão ainda sugeridas linhas para investigações futuras.

#### 5.1. Principais Resultados e Limitações

A realização da presente dissertação viabilizou a concretização do principal objetivo anteriormente estabelecido (*i.e.*, *construção de um modelo de apoio à tomada de decisão multicritério para avaliação da digitalização urbana*). Este modelo de avaliação caracteriza-se como sendo inovador, uma vez que não existem evidências da utilização integrada de técnicas de mapeamento cognitivo e do BWM para esse fim.

Para a concretização desse objetivo, a presente dissertação foi dividida em duas partes, ambas assentes numa abordagem epistemológica construtivista. A primeira parte destinou-se ao enquadramento teórico e metodológico (*Capítulos 2 e 3*), enquanto a segunda parte visou a componente empírica desenvolvida (*Capítulo 4*).

No *Capítulo 2* – enquadramento teórico – foram desenvolvidos os seguintes pontos: (1) digitalização e desenvolvimento urbano: conceitos e tendências, onde se salientou que a evolução das TIC tem cada vez mais impacto nas cidades, uma vez que permite dar resposta aos diversos desafios que estas enfrentam; (2) determinantes da digitalização nos meios urbanos, no qual se enumeram as componentes a partir das quais a digitalização é posta em prática em áreas urbanas (*i.e.*, *data generation*, *data connection* e *data analysis*), tendo sido posteriormente identificadas tecnologias que são frequentemente utilizadas neste processo, nomeadamente: IoT, *Big Data* e IA; (3) estudos relacionados, no qual foram analisados alguns estudos realizados até à data e feito um levantamento dos seus principais contributos e limitações; e (4) limitações gerais e *gap* na literatura, onde foram abordadas as limitações gerais

na avaliação da digitalização urbana, que se baseiam na: (a) forma pouco clara como são identificados os determinantes da digitalização urbana; (b) falta de análises das relações causais entre esses mesmos determinantes; e (c) ausência generalizada de análises dinâmicas dos determinantes ao longo do tempo. Face ao exposto, é relevante mencionar que efetuar a avaliação da digitalização urbana é uma tarefa difícil, especialmente devido à complexidade inerente à multiplicidade de critérios que devem ser considerados nesta avaliação e à subjetividade intrínseca ao tema em análise. Adicionalmente, verificaram-se limitações metodológicas que comprovam a necessidade de melhoria dos modelos atuais. Por conseguinte, revelou-se oportuno fazer uso integrado de técnicas de mapeamento cognitivo e do BWM para a construção de um sistema de avaliação holístico e transparente da digitalização urbana, de forma a ultrapassar as limitações acima referidas.

Neste seguimento, no *Capítulo 3* – enquadramento metodológico – foram expostos os seguintes pontos: (1) *problem structuring methods* e mapeamento cognitivo, no qual foram revistas as abordagens existentes para o apoio à tomada de decisão, dando especial ênfase à abordagem MCDA, na qual se insere o método utilizado para estruturar a problemática (*i.e.*, mapeamento cognitivo) sustentado pela abordagem SODA; e (2) avaliação multicritério, onde foi apresentado o método BWM. Neste capítulo foram também identificadas as principais vantagens e limitações destas ferramentas metodológicas, assim como os seus contributos para a análise da digitalização urbana.

O *Capítulo 4* – aplicação da componente empírica – implicou a realização de duas sessões com um painel de oito especialistas com um conhecimento e experiência profissional na temática em estudo (*i.e.*, digitalização urbana). Posto isto, este capítulo descreveu as sessões realizadas. Na primeira sessão, foi aplicada a “técnica dos *post-its*” para responder à *trigger question* (*i.e.*, “*Em conformidade com os seus valores e experiência profissional, que fatores/características urbanas deverão estar na base da avaliação da digitalização urbana?*”), que permitiu identificar critérios de avaliação relevantes no âmbito da digitalização de uma cidade. Após o agrupamento destes critérios por *clusters*, foi possível a construção do mapa cognitivo, que proporcionou uma informação consolidada sobre a temática. Na segunda sessão, foi aplicado o BWM, viabilizando a obtenção dos pesos dos critérios de avaliação e dos *clusters*. De seguida, foi endereçado um questionário às câmaras municipais de todas as capitais de distrito de Portugal Continental e arquipélagos da Madeira e dos Açores, com o intuito de se obter um *ranking* de alternativas no que concerne à digitalização urbana, bem como de formular sugestões de melhoria para as cidades avaliadas. Por fim, foi realizada, neste capítulo, a análise

de resultados e a formulação de recomendações resultante das sessões de validação do modelo por membros de duas entidades habilitadas e neutras no processo (*i.e.*, ANMP e ANI).

Dado como concluído e validado o modelo de avaliação desenvolvido na presente dissertação, foi manifestado, pelo painel de decisores, que as metodologias adotadas capacitam uma maior simplicidade e transparência em todo o processo de avaliação da digitalização em áreas urbanas. Não obstante, reconheceram que estas ferramentas metodológicas não estão isentas de limitações. Por exigir um elevado grau de disponibilidade e de dedicação por parte dos participantes, a constituição do painel de decisores e a conciliação de agendas revelaram-se difíceis. Adicionalmente, é oportuno mencionar, mais uma vez, a subjetividade intrínseca à metodologia adotada, que faz com que seja necessário algum cuidado na extrapolação dos resultados obtidos.

Ainda assim, há que ter presente que o principal objetivo da presente dissertação passa pela adoção de novas abordagens construtivistas, que tenham como base a partilha de pontos de vista e juízos de valor entre os elementos que constituem o painel de decisores, e não o alcance de soluções ótimas. O próximo ponto expõe os contributos teóricos e as reflexões práticas que o modelo desenvolvido tem para as áreas de Gestão.

## **5.2. Contributos Teóricos e Reflexões Práticas para a Gestão**

Realizada a revisão da literatura e efetuada a análise de alguns estudos desenvolvidos até ao momento em torno da avaliação da digitalização urbana, foi possível constatar um enorme potencial de investigação da temática. Por ser uma temática recente, verificou-se que os estudos realizados no âmbito da digitalização urbana são pouco significativos e que todas as ferramentas metodológicas utilizadas nesses estudos apresentam limitações. Com efeito, novos estudos que utilizem metodologias que permitam colmatar as limitações verificadas são pertinentes.

O presente estudo recorreu a abordagens assentes na lógica construtivista do apoio à tomada de decisão – *i.e.*, mapeamento cognitivo e BWM – com o intuito de se obter um modelo de avaliação da digitalização urbana mais holístico e transparente. O uso integrado do mapeamento cognitivo e do BWM foi sustentado pela colaboração de um painel de especialistas nas diversas áreas da digitalização urbana. Com efeito, este estudo evidenciou-se como uma mais-valia para o apoio à tomada de decisão das cidades, mais especificamente para gestores, planeadores urbanos e decisores políticos, uma vez que são estes que desenvolvem políticas de desenvolvimento no âmbito da digitalização urbana.



Face ao exposto, são vários os contributos teóricos e as reflexões práticas que o presente estudo tem para as áreas da Gestão. Primeiramente, este estudo possibilitou o desenvolvimento de um sistema de avaliação mais informado, coerente, transparente e com maior aplicabilidade no âmbito da digitalização urbana. Este sistema de avaliação considera múltiplos critérios, tanto objetivos como subjetivos, no quadro de tomada de decisão, tendo como base o conhecimento e a experiência profissional dos diversos especialistas envolvidos no processo. Com o auxílio destes, foi elaborado um mapa cognitivo que permitiu a definição de 157 critérios de avaliação relevantes no âmbito da digitalização urbana, sendo possível visualizar a hierarquização desses mesmos critérios. Com a adoção desta ferramenta metodológica, a aprendizagem pela participação dos intervenientes foi facilitada. Adicionalmente, e com a aplicação do BWM, este estudo capacitou a realização de uma análise detalhada dos diferentes perfis das cidades em relação à digitalização urbana. Por conseguinte, foi possível distinguir onde se deve atuar para que haja melhoria na *performance* das cidades.

É relevante afirmar ainda que o sistema de avaliação desenvolvido é uma ferramenta significativa, uma vez que vai ao encontro das necessidades atuais de colmatar os problemas urbanos, consequência do aumento populacional e da rápida urbanização que se tem vindo a verificar. O último ponto identifica algumas linhas de investigação futura.

### **5.3. Investigação Futura**

Face aos resultados obtidos, a presente dissertação demonstrou o potencial das ferramentas metodológicas aplicadas na estruturação e na resolução de problemáticas complexas – mapeamento cognitivo e BWM – no âmbito da avaliação da digitalização urbana. Ainda assim, nenhum método se encontra isento de limitações. Deste modo, como sugestões de investigação futura, seria vantajoso: (1) adotar outras técnicas de avaliação multicritério para avaliar a digitalização urbana; (2) realizar uma análise comparativa entre estudos de avaliação da digitalização em áreas urbanas que utilizem diferentes metodologias, de forma a possibilitar a identificação da ferramenta metodológica que melhor se adequa ao contexto em análise; e (3) realizar o mesmo processo com um painel de especialistas diferente com o intuito de generalizar os resultados obtidos. Para além disso, tendo como referência a sugestão dos especialistas durante a fase de validação, seria apropriado contratar um avaliador independente às cidades, para que a escala e os critérios fossem interpretados da mesma forma. Assim, o resultado final seria mais comparável.

Dado por cumprido o principal objetivo da presente dissertação (*i.e.*, desenvolvimento de um modelo de apoio à tomada de decisão multicritério para avaliação da digitalização urbana por meio do uso integrado do mapeamento cognitivo e o do BWM), verificou-se uma expansão do campo de investigação da digitalização em áreas urbanas. Apesar de os resultados obtidos poderem ser uma valência para todos os *stakeholders* envolvidos na temática, qualquer contributo ou progresso que possibilite uma investigação mais robusta da digitalização urbana será uma mais-valia para a expansão do tema.



## 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. (2001). SODA – Journey making and mapping in practice, in Rosenhead, J., & Mingers, J. (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, Chichester: John Wiley & Sons, 43–60.
- Ackermann, F., & Eden, C. (2010). Strategic options development and analysis, in Reynolds, M., & Holwell, S. (Eds.), *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide*, London, Nicholas Brealey Publishing, 135–190.
- Ahmadi, H., Kusi-Sarpong, S., & Rezaei, J. (2017). Assessing the social sustainability of supply chains using best worst method. *Resources, Conservation and Recycling*, 126, 99–106.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21.
- Allam, Z., & Dhunny, Z. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 89, 80–91.
- Allwood, J. (2017). Is Digitalization dehumanization? Dystopic traits of digitalization. *IS4SI 2017 Summit Digitalisation for a Sustainable Society*, June 12-16, Gothenburg, Sweden, 1–4.
- 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.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). Understanding the Internet of Things: Definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, 56, 122–140.
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229, 1–15.
- Bakici, T., Almirall, E., & Wareham, J. (2013). A smart city initiative: The case of Barcelona. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 135–148.
- Balducci, F., & Ferrara, A. (2018). Using urban environmental policy data to understand the domains of smartness: An analysis of spatial autocorrelation for all the Italian chief towns. *Ecological Indicators*, 89, 386–396.
- Balogun, A., Marks, D., Sharma, R., Shekhar, H., Balmes, C., Maheng, D., Arshad, A., & Salehi, P. (2020). Assessing the potentials of digitalization as a tool for climate change adaptation and sustainable development in urban centres. *Sustainable Cities and Society*, 53, 1–12.
- Bana e Costa, C. (1993a). *Três Convicções Fundamentais na Prática do Apoio à Decisão*, Lisboa: CESUR/UTL.
- Bana e Costa, C. (1993b). Processo de Apoio à Decisão: Actores e Acções, *Avaliação de Projectos e Decisão Pública*, Fascículo II, Lisboa: AEIST/UTL.
- Bana e Costa, C., Ensslin, L., Corrêa, 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.
- Batty, M., Axhausen, K., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *European Physical Journal: Special Topics*, 214(1), 481–518.
- Bell, S., & Morse, S. (2013). Groups and facilitators within problem structuring processes. *Journal of the Operational Research Society*, 64(7), 959–972.

- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Belton, V., & Stewart, T. (2010). Problem structuring and multiple criteria decision analysis, in Ehr Gott, M., Figueria, J., & Greco, S. (Eds.), *Trends in Multiple Criteria Decision Analysis*, London: Springer, 209–239.
- Beretta, I. (2018). The social effects of eco-innovations in Italian smart cities. *Cities*, 72(A), 115–121.
- Bonaccorsi, A., Chiarello, F., Fantoni, G., & Kammering, H. (2020). Emerging technologies and industrial leadership. A Wikipedia-based strategic analysis of Industry 4.0. *Expert Systems with Applications*, 160, 1–19.
- Brightman, J. (2003). Mapping methods for Qualitative Data Structuring (QDS), *IOE Conference*, Londres, online at <http://www.banxia.com> [Outubro, 2020].
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W.W. Norton & Company.
- Caragliu, A., Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82.
- Carli, R., Dotoli, M., Pellegrino, R., & Renieri, L. (2013). Measuring and managing the smartness of cities: A framework for classifying performance indicators, *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, October 13-16, Manchester, UK, 1288–1293.
- Carlsson, B. (2004). The digital economy: What is new and what is not? *Structural Change and Economic Dynamics*, 15(3), 245–264.
- Carvalho, L. (2015). Smart cities from scratch? A socio-technical perspective. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 43–60.
- Carvalho, L., Van den Berg, L., Galal, H., & Teunisse, P. (2016). *Delivering Sustainable Competitiveness: Revisiting the Organising Capacity of Cities*, New York: Routledge.
- Castro, G., Fernández, M., & Colso, Á. (2020). Unleashing the convergence amid digitalization and sustainability towards pursuing the Sustainable Development Goals (SDGs): A holistic review. *Journal of Cleaner Production*, 280, 1–40.
- Checkland, P. (1999). *Systems Thinking, Systems Practice*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Checkland, P., & Poulter, J. (2020). Soft Systems Methodology, in Reynolds, M., & Holwell, S. (Eds.), *Systems Approaches to Making Change: A Practical Guide*, London, Springer, 201–253.
- Comissão Europeia (2016). *Agenda Urbana para a UE – Pacto de Amesterdão*, online at [https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/pact-of-amsterdam\\_pt.pdf](https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/pact-of-amsterdam_pt.pdf) [Setembro, 2020].
- Cronin, K., Midgley, G., & Jackson, L. (2014). Issues mapping: A problem structuring method for addressing science and technology conflicts. *European Journal of Operational Research*, 233(1), 145–158.
- Currid, E. (2006). New York as a global creative hub: A competitive analysis of four theories on world cities. *SAGE Journals: Economic Development Quarterly*, 20(4), 330–350.
- Dehe, B., & Bamford, D. (2015). Development, test and comparison of two multiple criteria decision analysis (MCDA) models: A case of healthcare infrastructure location. *Expert Systems with Applications*, 42, 6717–6727.
- Dubois, D. (2003). Evaluation and decision models: A critical perspective (Book review). *Fuzzy Sets and Systems*, 139, 469–472.
- 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. (2001). SODA – The principles, in Rosenhead, J., & Mingers, J. (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, Chichester: John Wiley & Sons, 21–41.
- Eden, C., & 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. (2018). Theory into practice, practice to theory: Action research in method development. *European Journal of Operational Research*, 271(3), 1145–1155.
- Eremia, M., Toma, L., & Sanduleac, M. (2017). The smart city concept in the 21st century. *Procedia of the 10<sup>th</sup> International Conference Interdisciplinarity in Engineering*, October 6-7, Romania, 12–19.
- 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*, 78, 116–127.
- Fatimah, Y., Widiyanto, A., & Hanafi, M. (2020). Cyber-physical System enabled in Sustainable Waste Management 4.0: A smart waste collection system for Indonesian semi-urban cities. *Procedia Manufacturing*, 43, 535–542.
- 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.
- Ferreira, F. (2011). *Avaliação Multicritério de Agências Bancárias: Modelos e Aplicações de Decisão*, Faro: Universidade do Algarve.
- Ferreira, F. (2013). Measuring trade-offs among criteria in a balanced scorecard framework: Possible contributions from the multiple criteria decision analysis research field. *Journal of Business Economics and Management*, 14(3), 433–447.
- Ferreira, F., & Jalali, M. (2015). Identifying key determinants of housing sales and time-on-market (TOM) using fuzzy cognitive mapping. *International Journal of Strategic Property Management*, 19(3), 235–244.
- Ferreira, F., Jalali, M., & Ferreira, J. (2016a). Experience-focused thinking and cognitive mapping in ethical banking practices: From practical intuition to theory. *Journal of Business Research*, 69(11), 4953–4958.
- Ferreira, F., Jalali, M., Zavadskas, E., & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2017). Assessing payment instrument alternatives using cognitive mapping and the Choquet integral. *Transformations in Business & Economics*, 16(2/41), 170–187.
- Ferreira, F., Santos, S., & Rodrigues, P. (2011). From traditional operational research to multiple criteria decision analysis: basic ideas on an evolving field. *Problems and Perspectives in Management*, 9(3), 114–121.
- Ferreira, F., Spahr, R., & Sunderman, M. (2016b). Using multiple criteria decision analysis (MCDA) to assist in estimating residential housing values. *International Journal of Strategic Property Management*, 20(4), 354–370.
- Ferreira, F., Spahr, R., Santos, S., & Rodrigues, P. (2010). A multiple criteria framework to evaluate bank branch potential attractiveness. *International Journal of Strategic Property Management*, 16(3), 254–276.
- Finger, M., & Razaghi, M. (2017). Conceptualizing “Smart Cities”. *Informatik-Spektrum*, 40(1), 6–13.
- Fiol, M., & Huff, A. (1992). Maps for managers: Where are we? Where do we go from here? *Journal of Management Studies*, 29(3), 267–285.
- Franco, L. (2013). Rethinking Soft OR interventions: Model as boundary objects. *European Journal of Operational Research*, 231, 720–733.
- Franco, L., & Montibeller, G. (2010). Facilitated modelling in operational research. *European Journal of Operational Research*, 205(3), 489–500.

- Frenken, K., & Schor, J. (2017). Putting the sharing economy into perspective. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 23, 3–10.
- Gavrilova, T., Carlucci, D., & Schiuma, G. (2013). Art of visual thinking for smart business education, *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Forum on Knowledge Asset Dynamics*, June 12-14, Zagreb, Croatia, 1754–1761.
- Gray, J., & Rumpe, B. (2015). Models for digitalization. *Software and Systems Modeling*, 14(4), 1319–1320.
- Grillo, C., Ferreira, F., Marques, C., & Ferreira, J. (2018). A knowledge-based innovation assessment system for small and medium sized enterprises: adding value with cognitive mapping and MCDA. *Journal of Knowledge Management*, 22(3), 696–718.
- Hammond, J., Keeney, R., & Raiffa, H. (2002). *Smart Choices: A practical Guide to Making Better Life Decisions*, New York: Broadway Books.
- Huovila, A., Airaksinen, M., Pinto-Seppa, I., & Piira, K. (2017). CITYkeys smart city performance measurement system. *International Journal for Housing Science*, 41(2), 113–125.
- Keeney, R. (1992). *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision-Making*, Harvard: Harvard University Press.
- Kitchin, R. (2016). *Getting Smarter About Smart Cities: Improving Data Privacy and Data Security*, Dublin, Ireland: Department of the Taoiseach.
- Klein, J., & Cooper, D. (1982). Cognitive maps of decision makers in a complex game. *Journal of the Operational Research Society*, 33(1), 63–71.
- 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.
- Lami, I., & Tavella, E. (2019). On the usefulness of soft OR models in decision making: A comparison of problem structuring methods supported and self-organized workshops. *European Journal of Operational Research*, 275, 1020–1036.
- Liang, F., Brunelli, M., & Rezaei, J. (2020). Consistency issues in the best worst method: Measurements and thresholds. *Omega – The International Journal of Management Science*, 96, 1–11.
- 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, PA: IGI Global, 59–73.
- 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.
- 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, 156–171.
- Maghsoodi, A., Riahi, D., Herrera-Viedma, E., & Zavadskas, E. (2020). An integrated parallel big data decision support tool using the W-CLUS-MCDA: A multi-scenario personnel assessment. *Knowledge-Based System*, 195, 1–19.
- Marichal, J. (1998). *Aggregation Operators for Multicriteria Decision Aid*, Tese de Doutoramento, Liège: Université de Liège.
- Marsal-Llacuna, M., Colomer-Llinàs, J., & Meléndez-Frigola, J. (2015). Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the smart cities initiative. *Technological Forecasting and Social Change*, 90(PB), 611–622.
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2012). Big data: The management revolution. *Harvard Business Review*, 90(10), 4.

- McCormick, K., Anderberg, S., Coenen, L., & Neij, L. (2013). Advancing sustainable urban transformation. *Journal of Cleaner Production*, 50, 1–11.
- Meissner, D., Anastasiia, N., & Dmitry, P. (2017). The meaning of digitalization for research skills: Challenges for STI policy, in *SSRN Electronic Journal* <https://doi.org/10.2139/ssrn.2857133>.
- Mi, X., Tang, M., Liao, H., Shen, W., & Lev, B. (2019). The state-of-the-art survey on integrations and applications of the best worst method in decision making: Why, what, what for and what's next? *Omega – The International Journal of Management Science*, 87, 205–225.
- Miguel, B., Ferreira, F., Banaitis, A., Banaitienė, N., Meidutė-Kavaliauskienė, I., & Falcão, P. (2019). An expanded conceptualization of “smart” cities: Adding value with fuzzy cognitive maps. *E a M: Economia e Management*, 22(1), 4–21.
- Mingers, J. (2001). Multimethodology – Mixing and Matching Methods, in Rosenhead, J., & Mingers, J. (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, Chichester: John Wiley & Sons, 289–309.
- Mingers, J., & Rosenhead, J. (2001). Diverse unity: Looking inward and outward, in Rosenhead, J., & Mingers, J. (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, Chichester: John Wiley & Sons, 337–355.
- Mingers, J., & Rosenhead, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 530–554.
- Mohammadi, M., & Rezaei, J. (2020). Bayesian best-worst method: A probabilistic group decision making model. *Omega – The International Journal of Management Science*, 96, 1–8.
- Mohanty, S., Choppali, U., & Kougianos, E. (2016). Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 5(3), 60–70.
- Munda, G. (2003). *Multicriteria Assessment*, International Society for Ecological Economics, online at <http://www.isecoeco.org> [Outubro, 2020].
- Nikoloudis, C., Aravossis, K., Strantzali, E., & Chrysanthopoulos, N. (2020). A novel multicriteria methodology for evaluating urban development proposals. *Journal of Cleaner Production*, 263, 1–15.
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (2014). *Measuring the Digital Economy: A New Perspective*, Paris: Directorate for Science, Technology and Innovation.
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (2015). *Digital Economy Outlook 2015*, Paris: Directorate for Science, Technology and Innovation.
- ONU – Organização das Nações Unidas (2019). *ONU Prevê que as Cidades Abriguem 70% da População Mundial até 2050*, online at <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701> [Setembro, 2020].
- Ozkaya, G., & Erdin, C. (2020). Evaluation of smart and sustainable cities through a hybrid MCDM approach based on ANP and TOPSIS technique. *Helyion*, 6(10), 1–22.
- Parviainen, P., Tihinen, M., Kääriäinen, J., & Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: How to benefit from digitalization in practice. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 5(1), 63–77.
- Patel, S., & Patel, C. (2020). Prioritizing facilitators for successful implementation of PBSS in indian urban areas using BWM method. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5(6), 1108–1117.
- Pidd, M. (2003). *Tools for Thinking: Modelling in Management Science*, Chichester: Wiley.



- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega – The International Journal of Management Science*, 53, 49–57.
- Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega – The International Journal of Management Science*, 64, 126–130.
- Rezaei, J. (2020). A concentration ratio for nonlinear best worst method. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 19(3), 891–907.
- Rezaei, J., Nispeling, T., Sarkis, J., & Tavasszy, L. (2016). A supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the best worst method. *Journal of Cleaner Production*, 135, 577–588.
- Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2015). Linking supplier development to supplier segmentation using best worst method. *Expert Systems with Applications*, 42(23), 9152–9164.
- 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.
- Rode, P., & Burdett, R. (2011). Cities: Investing in energy and resource efficiency, in *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*, United Nations Program, 453–492.
- Rosenhead, J. (1996). What’s the problem? An introduction to problem structuring methods. *Interfaces*, 26(6), 117–131.
- Rosenhead, J. (2006). Past, present and future of problem structuring methods. *Journal of the Operational Research Society*, 57(7), 759–765.
- Rosenhead, J., & Mingers, J. (2001). A New Paradigm of Analysis, in Rosenhead, J., & Mingers, J. (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, Chichester: John Wiley & Sons, 1–19.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie Multicritère d’Aide à la Décision*, Paris: Economica.
- Roy, B., & Vanderpooten, D. (1997). An overview on “The European School of MCDA: Emergence, basic features and current works”. *European Journal of Operational Research*, 99(1), 26–27.
- Saaty, T. (2004). Decision making: The analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1–35.
- Scheubrein, R., & Zionts, S. (2004). A problem structuring front end for a multiple criteria decision support system. *Computers & Operations Research*, 33(1), 18–31.
- Sestino, A., Prete, M., Piper, L., & Guido, G. (2020). Internet of Things and Big Data as enablers for business digitalization strategies. *Technovation*, 98, 1–9.
- Shaw, D., Franco, A., & Westcombe, M. (2006). Problem structuring methods: New directions in a problematic world. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 757–758.
- Singh, S., Jeong, Y., & Park, J. (2020). A deep learning-based IoT-oriented infrastructure for secure smart City. *Sustainable Cities and Society*, 60, 1–11.
- Smith, C., & Shaw, D. (2019). The characteristics of problem structuring methods: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 274, 403–416.
- Stolterman, E., & Fors, A. (2004). Information technology and the good life. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 143, 687–692.
- Susanti, R., Soetomo, S., Buchori, I., & Brotosunaryo, P. (2016). Smart growth, smart city and density: in search of the appropriate indicator for residential density in Indonesia, *Proceedings of the CITIES 2015 International Conference, Intelligent Planning Towards Smart Cities*, November 3-4, Surabaya, Indonesia, 194–201.
- Tolman, E. (1948). Cognitive maps in rats and men. *The Psychological Review*, 55(4), 189–208.

- Van der Meer, A., & Van Winden, W. (2003). E-governance in cities: A comparison of urban information and communication technology policies. *Regional Studies*, 37(4), 407–419.
- Van Winden, W., & Carvalho, L. (2015). *New Urban Economies: How Can Cities Foster Economic Development and Develop “New Urban Economies”*, Paris: Urbact II Capitalisation.
- Vincke, P., Gassner, M., & Roy, B. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*, Chichester: John Wiley.
- Vinod Kumar, T., & Dahiya, B. (2017). Smart economy in smart cities, in Vinod Kumar, T. (Ed.), *Smart Economy in Smart Cities*, Singapore: Springer, 3–76.
- White, L. (2006). Evaluating problem-structuring methods: Developing an approach to show the value and effectiveness of PSMs. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 842–855.
- Wong, C. (2010). Cognitive mapping on user interface design, *Proceedings of the International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE 2010)*, December 5-7, Kuala Lumpur, Malaysia, 288–293.
- Yadav, G., Mangla, S., Luthra, S., & Jakhar, S. (2018). Hybrid BWM-ELECTRE-based decision framework for effective offshore outsourcing adoption: A case study. *International Journal of Production Research*, 56(18), 6259–6278.
- Yadav, G., Mangla, S., Luthra, S., & Rai, D. (2019). Developing a sustainable smart city framework for developing economies: An Indian context. *Sustainable Cities and Society*, 47, 1–14.
- Yigitcanlar, T., & Kamruzzaman, M. (2015). Planning, development and management of sustainable cities: A commentary from the guest editors. *Sustainability*, 7(11), 14677–14688.
- Yigitcanlar, T., & Kamruzzaman, M. (2018). Does smart city policy lead to sustainability of cities? *Land Use Policy*, 73, 49–58.
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Foth, M., Sabatini-Marques, J., Costa, E., & Ioppolo, G. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. *Sustainable Cities and Society*, 45, 348–365.
- Ylipulli, J., & Luusua, A. (2019). “Without libraries what have we?”: Public libraries as nodes for technological empowerment in the era of smart cities, AI and big data, *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Communities and Technologies*, June 3, Vienna, Austria, 92–101.
- Ylipulli, J., & Luusua, A. (2020). Smart cities with a Nordic twist? Public sector digitalization in Finnish data-rich cities. *Telematics and Informatics*, 55, 1–9.
- Youssef, A. (2020). An integrated MCDM approach for cloud service selection based on TOPSIS and BWM. *IEEE Access*, 8, 71851–71865.
- Zuccalà, M., & Verga, E. (2017). Enabling energy smart cities through urban sharing ecosystems, *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Sustainability in Energy and Buildings*, September 11-13, Turin, Italy, 826–835.



## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Aplicação BWM

---

### Escala de 1 a 9

---

1	<b>Igualdade</b> de importância
2	Algo entre Igual e Moderado
3	<b>Moderadamente</b> mais importante que...
4	Algo entre Moderado e Forte
5	<b>Fortemente</b> mais importante que...
6	Algo entre Forte e Muito Forte
7	<b>Muito Fortemente</b> mais importante que...
8	Algo entre Muito Forte e Absoluto
9	<b>Absolutamente</b> mais importante que...

---

**Quadro A1: Escala BWM**

<i>Cluster Number = 7</i>	<i>Names of Criteria</i>
<i>Cluster 1</i>	TIC
<i>Cluster 2</i>	Energia
<i>Cluster 3</i>	Mobilidade
<i>Cluster 4</i>	<i>Governance and Policy</i>
<i>Cluster 5</i>	Ambiente
<i>Cluster 6</i>	Cidadania
<i>Cluster 7</i>	Economia

<i>Select the Best</i>	TIC
------------------------	-----

<i>Select the Worst</i>	Ambiente
-------------------------	----------

<i>Best to Others</i>	TIC
TIC	1
Energia	2
Mobilidade	4
<i>Governance and Policy</i>	2
Ambiente	7
Cidadania	2
Economia	3

<i>Others to the Worst</i>	Ambiente
TIC	7
Energia	6
Mobilidade	2
<i>Governance and Policy</i>	6
Ambiente	1
Cidadania	6
Economia	2

<i>Criteria</i>	<i>Weights</i>
<b>C1</b> TIC	0.284074605
<b>C2</b> Energia	0.163558106
<b>C3</b> Mobilidade	0.081779053
<b>C4</b> <i>Governance and Policy</i>	0.163558106
<b>C5</b> Ambiente	0.034433286
<b>C6</b> Cidadania	0.163558106
<b>C7</b> Economia	0.109038737

<b>Ksi*</b>	0.043041607
-------------	-------------

Quadro A2: Aplicação do BWM aos *Clusters*

<b>Criteria Number = 7</b>	<b>Names of Criteria</b>
<b>Criterion 1</b>	Infraestrutura tecnológica (exemplo: fibra ótica, Lora, NB-IoT, etc...)
<b>Criterion 2</b>	<i>Open source platforms</i>
<b>Criterion 3</b>	Transformação digital
<b>Criterion 4</b>	IoT
<b>Criterion 5</b>	Acesso à Internet para todos os residentes
<b>Criterion 6</b>	Sistemas tecnológicos de SIG
<b>Criterion 7</b>	Criação de aplicações que permitirão automatizar os processos de negócio

<b>Select the Best</b>	Infraestrutura tecnológica (exemplo: fibra ótica, Lora, NB-IoT, etc...)
------------------------	---

<b>Select the Worst</b>	<i>Open souce platforms</i>
-------------------------	-----------------------------

<b>Best to Others</b>	
Infraestrutura tecnológica (exemplo: fibra ótica, Lora, NB-IoT,etc...)	1
<i>Open source platforms</i>	7
Transformação digital	2
IoT	3
Acesso à Internet para todos os residentes	9
Sistemas tecnológicos de SIG	2
Criação de aplicações que permitirão automatizar os processos de negócio	6

<b>Others to the Worst</b>	
Infraestrutura tecnológica (exemplo: fibra ótica, Lora, NB-IoT,etc...)	7
<i>Open source platforms</i>	1
Transformação digital	6
IoT	7
Acesso à Internet para todos os residentes	8
Sistemas tecnológicos de SIG	4
Criação de aplicações que permitirão automatizar os processos de negócio	3

<b>Criteria</b>	<b>Weights</b>
<b>C1</b> Infraestrutura tecnológica (exemplo: fibra ótica, Lora, NB-IoT, etc...)	0.291880781
<b>C2</b> <i>Open source platforms</i>	0.022610483
<b>C3</b> Transformação digital	0.21274409
<b>C4</b> IoT	0.141829394
<b>C5</b> Acesso à Internet para todos os residentes	0.047276465
<b>C6</b> Sistemas tecnológicos de SIG	0.21274409
<b>C7</b> Criação de aplicações que permitirão automatizar os processos de negócio	0.070914697

<b>Ksi*</b>	0.1336074
-------------	-----------

**Quadro A3: Aplicação do BWM aos Critérios do Cluster TIC**

<b>Criteria Number = 5</b>	<b>Names of Criteria</b>
<b>Criterion 1</b>	Transição energética
<b>Criterion 2</b>	Descarbonização
<b>Criterion 3</b>	Utilização de energias renováveis
<b>Criterion 4</b>	Rede de postos de carregamento de veículos elétricos
<b>Criterion 5</b>	Comunidades energéticas

<b>Select the Best</b>	Transição energética
------------------------	----------------------

<b>Select the Worst</b>	Rede de postos de carregamento de veículos elétricos
-------------------------	--

<b>Best to Others</b>	
Transição energética	1
Descarbonização	2
Utilização de energias renováveis	2
Rede de postos de carregamento de veículos elétricos	7
Comunidades energéticas	7

<b>Others to the Worst</b>	
Transição energética	7
Descarbonização	8
Utilização de energias renováveis	7
Rede de postos de carregamento de veículos elétricos	1
Comunidades energéticas	8

<b>Criteria</b>	<b>Weights</b>
<b>C1</b> Transição energética	0.367213115
<b>C2</b> Descarbonização	0.263934426
<b>C3</b> Utilização de energias renováveis	0.263934426
<b>C4</b> Rede de postos de carregamento de veículos elétricos	0.029508197
<b>C5</b> Comunidades energéticas	0.075409836

<b>Ksi*</b>	0.160655738
-------------	-------------

**Quadro A4: Aplicação do BWM aos Critérios do Cluster Energia**



<b>Criteria Number = 5</b>	<b>Names of Criteria</b>
<b>Criterion 1</b>	Segurança rodoviária
<b>Criterion 2</b>	Transferência modal
<b>Criterion 3</b>	MaaS
<b>Criterion 4</b>	Mobilidade urbana inteligente, através de sistemas autónomos de transporte
<b>Criterion 5</b>	Infraestruturas de mobilidade, rede de ciclovias para fomentar transportes ecológicos em detrimento do automóvel
<b>Select the Best</b>	Mobilidade urbana inteligente, através de sistemas autónomos de transporte
<b>Select the Worst</b>	MaaS
<b>Best to Others</b>	Mobilidade urbana inteligente, através de sistemas autónomos de transporte
Segurança rodoviária	2
Transferência modal	4
MaaS	5
Mobilidade urbana inteligente, através de sistemas autónomos de transporte	1
Infraestruturas de mobilidade, rede de ciclovias para fomentar transportes ecológicos em detrimento do automóvel	3
<b>Others to the Worst</b>	MaaS
Segurança rodoviária	7
Transferência modal	3
MaaS	1
Mobilidade urbana inteligente, através de sistemas autónomos de transporte	5
Infraestruturas de mobilidade, rede de ciclovias para fomentar transportes ecológicos em detrimento do automóvel	5
<b>Criteria</b>	<b>Weights</b>
<b>C1</b> Segurança rodoviária	0.256179775
<b>C2</b> Transferência modal	0.128089888
<b>C3</b> MaaS	0.053932584
<b>C4</b> Mobilidade urbana inteligente, através de sistemas autónomos de transporte	0.391011236
<b>C5</b> Infraestruturas de mobilidade, rede de ciclovias para fomentar transportes ecológicos em detrimento do automóvel	0.170786517
<b>Ksi*</b>	0.121348315

**Quadro A5: Aplicação do BWM aos Critérios do Cluster Mobilidade**

<i>Criteria Number = 7</i>	<i>Names of Criteria</i>
<i>Criterion 1</i>	Desenvolvimento sustentado com foco no cidadão
<i>Criterion 2</i>	Serviços públicos
<i>Criterion 3</i>	Valorização cultural
<i>Criterion 4</i>	Educação
<i>Criterion 5</i>	Novo modelo de governança
<i>Criterion 6</i>	Governança digital
<i>Criterion 7</i>	Inexistência de critérios de regulamentação

<i>Select the Best</i>	Governança digital
------------------------	--------------------

<i>Select the Worst</i>	Inexistência de critérios de regulamentação
-------------------------	---

<i>Best to Others</i>	Governança digital
Desenvolvimento sustentado com foco no cidadão	2
Serviços públicos	7
Valorização cultural	4
Educação	2
Novo modelo de governança	3
Governança digital	1
Inexistência de critérios de regulamentação	7

<i>Others to the Worst</i>	Inexistência de critérios de regulamentação
Desenvolvimento sustentado com foco no cidadão	8
Serviços públicos	2
Valorização cultural	7
Educação	7
Novo modelo de governança	6
Governança digital	7
Inexistência de critérios de regulamentação	1

<i>Criteria</i>	<i>Weights</i>
<b>C1</b> Desenvolvimento sustentado com foco no cidadão	0.196261682
<b>C2</b> Serviços públicos	0.056074766
<b>C3</b> Valorização cultural	0.098130841
<b>C4</b> Educação	0.196261682
<b>C5</b> Novo modelo de governança	0.130841121
<b>C6</b> Governança digital	0.294392523
<b>C7</b> Inexistência de critérios de regulamentação	0.028037383

<b>Ksi*</b>	0.098130841
-------------	-------------

**Quadro A6: Aplicação do BWM aos Critérios do Cluster Governance and Policy**

<b>Criteria Number = 5</b>	<b>Names of Criteria</b>
<b>Criterion 1</b>	Introdução do conceito economia circular
<b>Criterion 2</b>	Monitorização ambiental: poluição sonora; qualidade do ar; trânsito
<b>Criterion 3</b>	Qualidade do ar
<b>Criterion 4</b>	Gestão de resíduos
<b>Criterion 5</b>	Consumo de água excessiva
<b>Select the Best</b>	Introdução do conceito economia circular
<b>Select the Worst</b>	Monitorização ambiental: poluição sonora; qualidade do ar; trânsito
<b>Best to Others</b>	Introdução do conceito economia circular
Introdução do conceito economia circular	1
Monitorização ambiental: poluição sonora; qualidade do ar; trânsito	4
Qualidade do ar	2
Gestão de resíduos	2
Consumo de água excessiva	2
<b>Others to the Worst</b>	Monitorização ambiental: poluição sonora; qualidade do ar; trânsito
Introdução do conceito economia circular	4
Monitorização ambiental: poluição sonora; qualidade do ar; trânsito	1
Qualidade do ar	3
Gestão de resíduos	4
Consumo de água excessiva	4
<b>Criteria</b>	<b>Weights</b>
<b>C1</b> Introdução do conceito economia circular	0.333333333
<b>C2</b> Monitorização ambiental: poluição sonora; qualidade do ar; trânsito	0.066666667
<b>C3</b> Qualidade do ar	0.2
<b>C4</b> Gestão de resíduos	0.2
<b>C5</b> Consumo de água excessiva	0.2
<b>Ksi*</b>	0.066666667

**Quadro A7: Aplicação do BWM aos Critérios do Cluster Ambiente**

<b>Criteria Number = 5</b>	<b>Names of Criteria</b>
<b>Criterion 1</b>	Qualidade de vida urbana
<b>Criterion 2</b>	Qualidade urbana
<b>Criterion 3</b>	Urbanismo (transparência)
<b>Criterion 4</b>	Economia partilhada
<b>Criterion 5</b>	Plataformas de colaboração e dinâmica associativa
<b>Select the Best</b>	Qualidade de vida urbana
<b>Select the Worst</b>	Plataformas de colaboração e dinâmica associativa
<b>Best to Others</b>	Qualidade de vida urbana
Qualidade de vida urbana	1
Qualidade urbana	2
Urbanismo (transparência)	3
Economia partilhada	2
Plataformas de colaboração e dinâmica associativa	4
<b>Others to the Worst</b>	Plataformas de colaboração e dinâmica associativa
Qualidade de vida urbana	4
Qualidade urbana	5
Urbanismo (transparência)	3
Economia partilhada	3
Plataformas de colaboração e dinâmica associativa	1
<b>Criteria</b>	<b>Weights</b>
<b>C1</b> Qualidade de vida urbana	0.347368421
<b>C2</b> Qualidade urbana	0.221052632
<b>C3</b> Urbanismo (transparência)	0.147368421
<b>C4</b> Economia partilhada	0.221052632
<b>C5</b> Plataformas de colaboração e dinâmica associativa	0.063157895
<b>Ksi*</b>	0.094736842

**Quadro A8: Aplicação do BWM aos Critérios do Cluster Cidadania**

<b>Criteria Number = 5</b>	<b>Names of Criteria</b>
<b>Criterion 1</b>	Banca
<b>Criterion 2</b>	Volume de criação de <i>startups</i> tecnológicas
<b>Criterion 3</b>	Competitividade
<b>Criterion 4</b>	Comércio
<b>Criterion 5</b>	Ofertas de emprego
<b>Select the Best</b>	Comércio
<b>Select the Worst</b>	Volume de criação de <i>startups</i> tecnológicas
<b>Best to Others</b>	Comércio
Banca	2
Volume de criação de <i>startups</i> tecnológicas	7
Competitividade	3
Comércio	1
Ofertas de emprego	2
<b>Others to the Worst</b>	Volume de criação de <i>startups</i> tecnológicas
Banca	7
Volume de criação de <i>startups</i> tecnológicas	1
Competitividade	8
Comércio	7
Ofertas de emprego	8
<b>Criteria</b>	<b>Weights</b>
<b>C1</b> Banca	0.231543624
<b>C2</b> Volume de criação de <i>startups</i> tecnológicas	0.033557047
<b>C3</b> Competitividade	0.154362416
<b>C4</b> Comércio	0.348993289
<b>C5</b> Ofertas de emprego	0.231543624
<b>Ksi*</b>	0.11409396

**Quadro A9: Aplicação do BWM aos Critérios do *Cluster Economia***