



INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

**Desenvolvimento de Critérios de Avaliação e Ações de Melhoria Local
para Eco-Cidades**

Filipa Dias Oliveira

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

**Desenvolvimento de Critérios de Avaliação e Ações de Melhoria Local
para Eco-Cidades**

Filipa Dias Oliveira

Mestrado em Gestão

Orientador:

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

Maio 2021

AGRADECIMENTOS

realização desta dissertação representa o término de uma etapa marcante a nível académico e pessoal. É com um grande sorriso no rosto que expresso a minha felicidade, o meu orgulho e o mais profundo agradecimento a todos os que, direta ou indiretamente, tornaram este marco possível de conquistar.

Primeiramente, dirijo-me à minha família pelo carinho e apoio constantes. Em particular aos meus pais, que me possibilitaram seguir este caminho e concretizar os meus objetivos. Dirijo ainda um agradecimento especial à minha madrinha Cármen Dias e ao meu padrinho Gonçalo Oliveira, pela ajuda na procura de membros para o painel de decisores.

Em segundo lugar, manifesto o meu mais sincero obrigado ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, por esta oportunidade incrível. Não tenho como lhe agradecer a confiança, a disponibilidade, os ensinamentos e o apoio constante ao longo desta jornada atribulada. A sua atenção ao detalhe faz de facto diferença. Foi um privilégio trabalhar com um profissional exímio e sabedor como o professor. Graças a si, termino este percurso com um profundo sentimento de realização.

De seguida, não posso deixar de agradecer às pessoas que fizeram parte do painel de decisores: Ana Catarina Sabino, Ana Rita Serra, Carlos Arieiro, Joana Gomes da Silva, Luís Silva, Sara Gomes, Sílvia Suarez e Teresa Moreira. Sem vocês, a concretização da componente empírica do meu estudo não teria sido possível. Obrigada pela disponibilidade, pelo compromisso e pela partilha de conhecimentos no decorrer deste processo. Agradeço também ao Diretor da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT), Nuno Ventura Bento, bem como à colega Helena Tavares, pelo interesse e disponibilidade para a sessão de validação – etapa fundamental para consolidar o modelo empírico desenvolvido.


Por fim, mas não menos importante, obrigada aos meus amigos, que me apoiam e aquecem o coração. Às minhas colegas de mestrado Ana Mendes e Constança Patto, muito obrigada por toda a ajuda. Aos restantes, agradeço as palavras de incentivo.

Chego ao fim da linha com duas novas estrelinhas a brilhar no céu: Avô Dias e Avó Manuela. Espero que estejam orgulhosos da vossa neta. Tenho-vos sempre comigo.

A todos, sem exceção,
Muito Obrigada!

DESENVOLVIMENTO DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E AÇÕES DE MELHORIA LOCAL PARA ECO-CIDADES

RESUMO



desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e ecológicas tem vindo a revelar-se desafiante face aos fenómenos contemporâneos. As eco-cidades (*i.e.*, cidades que visam harmonizar a coexistência do Ser Humano e da Natureza, ao valorizar, em simultâneo, a qualidade de vida da população e a preservação do ambiente) correspondem, assim, ao modelo de cidade que melhor permitirá conjugar a gestão e a transformação urbana com o ideal de sustentabilidade. Todavia, a concretização do objetivo de um desenvolvimento urbano sustentável depende da tomada de medidas estratégicas e multidimensionais, que consigam dar resposta ao elevado grau de complexidade intrínseco à sua conjuntura. A partir de uma base epistemológica construtivista consubstanciada na abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), o presente estudo propõe a combinação de técnicas de mapeamento cognitivo com o método *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), de modo a viabilizar o desenvolvimento de um modelo de avaliação multicritério, que auxilie os processos de tomada de decisão relativos ao desenvolvimento de eco-cidades. Assim, torna-se possível identificar os determinantes das eco-cidades e avaliar as relações de causalidade que se estabelecem entre si. Para o efeito, foi reunido um painel de oito decisores especializados em áreas inerentes à temática que, em duas sessões de grupo, discutiu, analisou e ponderou o problema em estudo. Os resultados alcançados manifestam o contributo deste instrumento para a simplificação dos processos de avaliação e tomada de decisão no âmbito das eco-cidades. A sua validação ocorreu numa sessão final de consolidação efetuada com o Diretor da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT). As vantagens e as limitações do estudo são também analisadas.

Palavras-Chave: Avaliação; DEMATEL; Desenvolvimento Sustentável; Eco-Cidades; Mapeamento Cognitivo; MCDA; Transformação Urbana; Tomada de Decisão.

DEVELOPING ASSESSMENT CRITERIA AND LOCAL IMPROVEMENT ACTIONS FOR ECO-CITIES

ABSTRACT

Developing sustainable and ecological cities has proved to be a challenging operation to cope with contemporary phenomena. Eco-cities (*i.e.*, cities that aim to harmonize the coexistence of Human Being and Nature, while simultaneously valuing the population quality of life and the environment preservation) correspond to the conceptualization of cities that best combine urban management and transformation with the ideal of sustainability. However, achieving sustainable urban development depends on the implementation of strategic and multidimensional measures and initiatives, which should be able to face the high complexity intrinsic to this topic. Based on the constructivist epistemological stance embodied in the *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) approach, this study combines cognitive mapping techniques and the *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) method for the development of a multicriteria evaluation system that supports decision-making processes related to the development of eco-cities. This allows eco-city determinants to be identified and their cause-and-effect relationships to be analyzed. For this purpose, an expert panel of eight decision makers was created, allowing for analysis and discussion of the problem under study. The results demonstrate the frameworks' potential to support decision-making processes in the context of eco-cities. Its validation took place in a final consolidation session carried out at the Coordination and Regional Development Commission of Lisbon and Vale do Tejo (CCDR-LVT), Portugal. The study's advantages and limitations are also analyzed.

Keywords: City Assessment; Cognitive Mapping; Decision-Making; DEMATEL; Eco-Cities; MCDA; Sustainable Development; Urban Transformation.

SUMÁRIO EXECUTIVO

conservação do planeta Terra e a sucessão das gerações futuras encontram-se em risco. As consequências ecológicas e ambientais provenientes de fenômenos como o aumento da densidade populacional e respectiva concentração nos meios urbanos são cada vez mais visíveis, desde o aumento do consumo energético e do desperdício, à degradação dos ecossistemas e à extinção de inúmeras espécies por ano. Torna-se, por isso, imperativo atuar ativamente no combate à degradação do sistema natural e, ao mesmo tempo, agir em prol de uma melhoria da qualidade de vida das populações. As eco-cidades surgem, assim, desta necessidade permanente para uma transformação das cidades numa ótica de sustentabilidade a longo prazo. Uma *eco-cidade* visa, fundamentalmente, assegurar que a humanidade coexiste harmoniosamente com a natureza, de modo a que seja valorizada a saúde e o bem-estar dos seres humanos e, simultaneamente, o ambiente e os recursos sejam preservados. O conceito de eco-cidade permanece intrinsecamente ligado às noções de responsabilidade social e de ecologia, cuja compreensão se revela crucial para a prossecução de um desenvolvimento urbano sustentável – económico, social e ambiental. Este deverá ser fruto da implementação de medidas estratégicas, que atuem no combate aos efeitos negativos atuais. Como tal, a estratégia deverá partir de uma visão em torno da melhoria contínua das urbes. Isso implica considerar temas relacionados com a energia, a água, o ar, o clima, o ruído e o saneamento, sem descurar aspetos como a forma urbana, os transportes, os governantes, a sociedade, a cultura, a economia e a política, que também demarcam esta ideologia. No entanto, a avaliação tem vindo a revelar-se uma tarefa difícil e complexa, dada a multiplicidade de fatores que afetam a sua conjuntura e os efeitos negativos decorrentes dos processos de transformação urbana. Em função da relevância do tema, vários são os autores que têm abordado esta temática. Contudo, as metodologias aplicadas no âmbito da avaliação das eco-cidades não se encontram isentas de limitações. Estas estão maioritariamente relacionadas com a forma pouco clara como são identificados os determinantes de uma eco-cidade, com a falta de análises sobre as relações causais que se estabelecem entre si e com a ausência de análises dinâmicas das variáveis ao longo do tempo. Neste sentido, a realização da presente dissertação visa atenuar as limitações metodológicas existentes e propor um modelo de avaliação que

permita a identificação dos critérios de avaliação, contribuindo assim para a simplificação do processo de apoio à tomada de decisão neste âmbito. Face ao contexto multidimensional e complexo em que as eco-cidades se inserem, a utilização de técnicas multicritério revela-se bastante vantajosa, permitindo conjugar objetividade e subjetividade na resolução do problema. Portanto, a dissertação parte de uma base epistemológica construtivista desenvolvida no âmbito da abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), com recurso a técnicas de mapeamento cognitivo e ao método *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). Deste modo, será possível identificar os critérios-chave de avaliação para o desenvolvimento de eco-cidades e aferir as relações de influência que se estabelecem entre si, contando com a colaboração de um painel de especialistas – *i.e.*, engenheiros (ambiente, urbanismo e iluminação pública), arquitetos (urbanismo e paisagismo) e uma dirigente do partido “Os Verdes”. Nesta ótica, a resolução do problema em estudo dá-se em três fases – *i.e.*, fase de estruturação, de avaliação e de recomendação, tendo sido realizadas três sessões de trabalho concordantes com cada fase do referido processo. Em primeiro lugar é pretendido definir e estruturar o problema em estudo, objeto da primeira sessão de grupo com o painel. A partir da colocação de uma *trigger question*, o tema é discutido e, através das técnicas de mapeamento cognitivo, tem como resultado a elaboração de uma estrutura cognitiva coletiva. Após obter a validação dos decisores perante o mapa construído, parte-se para a segunda sessão de trabalho em grupo, onde se pretende avaliar, através do método DEMATEL, as relações de causalidade que se estabelecem entre os fatores identificados na estrutura cognitiva de base. A última fase deste processo ocorre na terceira sessão de trabalho, com a colaboração do Diretor da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT). O facto de ser um interveniente externo a todo o processo possibilita a análise e a consolidação dos resultados alcançados a partir de uma visão neutra, assim como a aferição da sua aplicabilidade prática. Em função das conclusões obtidas, torna-se possível sugerir ações de melhoria local neste âmbito.

ÍNDICE GERAL

Principais Abreviaturas Utilizadas	xv
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Enquadramento Geral da Temática	1
1.2. Objetivos Principais e de Suporte	2
1.3. Metodologia de Investigação	3
1.4. Estrutura	3
1.5. Principais Resultados Esperados	5
Capítulo 2 – Revisão da Literatura	7
2.1. Responsabilidade Social, Ecologia e Eco-Cidade: Alguns Conceitos	7
2.2. A Importância das Eco-Cidades	11
2.3. Fundamentos de Gestão para a Avaliação das Eco-Cidades	13
2.4. Estudos Anteriores: Contributos e Limitações	16
2.5. Limitações [Re]Correntes	20
<i>Sinopse do Capítulo 2</i>	22
Capítulo 3 – Bases Metodológicas e Técnicas Utilizadas	23
3.1. <i>Problem Structuring Methods</i>	23
3.1.1. Métodos de Estruturação e Mapeamento Cognitivo	24
3.1.2. Princípios Basilares do Mapeamento Cognitivo	26
3.1.3. Potenciais Contributos para a Avaliação das Eco-Cidades	27
3.2. A Abordagem DEMATEL	28
3.2.1. Exposição Inicial e Formulação Matemática	29
3.2.2. Vantagens e Limitações do Método	33
3.2.3. Potenciais Contributos para a Avaliação das Eco-Cidades	34
<i>Sinopse do Capítulo 3</i>	36
Capítulo 4 – Modelização e Resultados Alcançados	37
4.1. Estrutura Cognitiva de Base	37
4.2. Aplicação do Método DEMATEL e Análise de Resultados	41

4.3. Consolidação, Discussão e Formulação de Recomendações	50
<i>Sinopse do Capítulo 4</i>	54
Capítulo 5 – Conclusão	55
5.1. Resultados e Limitações do Estudo	55
5.2. Implicações Práticas para a Gestão de Eco-Cidades	57
5.3. Pistas para Futura Investigação	58
Bibliografia	59
Apêndice	65
Apêndice I: Resultados do <i>Cluster 1</i> – Infraestrutura	66
Apêndice II: Resultados do <i>Cluster 2</i> – Mobilidade	69
Apêndice III: Resultados do <i>Cluster 3</i> – Padrões de Consumo Sustentável	72
Apêndice IV: Resultados do <i>Cluster 4</i> – Ecologia Integrada	75
Apêndice V: Resultados do <i>Cluster 5</i> – Política e Instrumentos de Gestão	78

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

FIGURAS

Figura 1: Estrutura de um Mapa de Influência	30
Figura 2: Categorias do Mapa de Influência Relacional (IRM)	32
Figura 3: Imagens da Primeira Sessão de Grupo	39
Figura 4: Mapa Cognitivo de Grupo	40
Figura 5: Mapa Cognitivo de Grupo Final	41
Figura 6: Imagens Representativas do Preenchimento da Matriz Inicial entre <i>Clusters</i> ...	42
Figura 7: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) entre <i>Clusters</i>	45
Figura 8: Diagrama DEMATEL entre <i>Clusters</i> Dividido por Quadrantes	46
Figura 9: Imagens da Aplicação da Técnica de <i>Multi-Voting</i>	47
Figura 10: Imagens Representativas do Preenchimento das Restantes Matrizes Iniciais ..	47
Figura 11: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do <i>Cluster 1</i>	68
Figura 12: Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 1</i> Dividido por Quadrantes	68
Figura 13: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do <i>Cluster 2</i>	71
Figura 14: Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 2</i> Dividido por Quadrantes	71
Figura 15: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do <i>Cluster 3</i>	74
Figura 16: Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 3</i> Dividido por Quadrantes	74
Figura 17: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do <i>Cluster 4</i>	77
Figura 18: Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 4</i> Dividido por Quadrantes	77
Figura 19: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do <i>Cluster 5</i>	80
Figura 20: Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 5</i> Dividido por Quadrantes	80
Figura 21: Imagens da Sessão de Consolidação	51

TABELAS

Tabela 1: Os 10 Princípios para a Criação de Cidades Ecológicas	10
Tabela 2: Estudos Anteriores: Contributos e Limitações	18
Tabela 3: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) entre <i>Clusters</i>	43
Tabela 4: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta entre <i>Clusters</i>	43
Tabela 5: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) entre <i>Clusters</i>	43
Tabela 6: Matriz Identidade (Matriz I) entre <i>Clusters</i>	44

Tabela 7: Matriz I-X entre <i>Clusters</i>	44
Tabela 8: Matriz Inversa (Matriz $I-X^{-1}$) entre <i>Clusters</i>	44
Tabela 9: Matriz de Influência Total (Matriz T) entre <i>Clusters</i>	44
Tabela 10: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL entre <i>Clusters</i>	45
Tabela 11: Critérios Escolhidos dentro do <i>Cluster 1</i>	66
Tabela 12: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do <i>Cluster 1</i>	66
Tabela 13: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do <i>Cluster 1</i>	66
Tabela 14: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do <i>Cluster 1</i>	66
Tabela 15: Matriz Identidade (Matriz I) do <i>Cluster 1</i>	67
Tabela 16: Matriz I-X do <i>Cluster 1</i>	67
Tabela 17: Matriz Inversa (Matriz $I-X^{-1}$) do <i>Cluster 1</i>	67
Tabela 18: Matriz de Influência Total (Matriz T) do <i>Cluster 1</i>	67
Tabela 19: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 1</i>	68
Tabela 20: Critérios Escolhidos dentro do <i>Cluster 2</i>	69
Tabela 21: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do <i>Cluster 2</i>	69
Tabela 22: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do <i>Cluster 2</i>	69
Tabela 23: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do <i>Cluster 2</i>	69
Tabela 24: Matriz Identidade (Matriz I) do <i>Cluster 2</i>	70
Tabela 25: Matriz I-X do <i>Cluster 2</i>	70
Tabela 26: Matriz Inversa (Matriz $I-X^{-1}$) do <i>Cluster 2</i>	70
Tabela 27: Matriz de Influência Total (Matriz T) do <i>Cluster 2</i>	70
Tabela 28: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 2</i>	71
Tabela 29: Critérios Escolhidos dentro do <i>Cluster 3</i>	72
Tabela 30: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do <i>Cluster 3</i>	72
Tabela 31: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do <i>Cluster 3</i>	72
Tabela 32: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do <i>Cluster 3</i>	72
Tabela 33: Matriz Identidade (Matriz I) do <i>Cluster 3</i>	73
Tabela 34: Matriz I-X do <i>Cluster 3</i>	73
Tabela 35: Matriz Inversa (Matriz $I-X^{-1}$) do <i>Cluster 3</i>	73
Tabela 36: Matriz de Influência Total (Matriz T) do <i>Cluster 3</i>	73

Tabela 37: Cálculos do “R+C” e “R–C” para o Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 3</i>	74
Tabela 38: Critérios Escolhidos dentro do <i>Cluster 4</i>	75
Tabela 39: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do <i>Cluster 4</i>	75
Tabela 40: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do <i>Cluster 4</i>	75
Tabela 41: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do <i>Cluster 4</i>	75
Tabela 42: Matriz Identidade (Matriz I) do <i>Cluster 4</i>	76
Tabela 43: Matriz I-X do <i>Cluster 4</i>	76
Tabela 44: Matriz Inversa (Matriz $I-X^{-1}$) do <i>Cluster 4</i>	76
Tabela 45: Matriz de Influência Total (Matriz T) do <i>Cluster 4</i>	76
Tabela 46: Cálculos do “R+C” e “R–C” para o Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 4</i>	77
Tabela 47: Critérios Escolhidos dentro do <i>Cluster 5</i>	78
Tabela 48: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do <i>Cluster 5</i>	78
Tabela 49: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do <i>Cluster 5</i>	78
Tabela 50: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do <i>Cluster 5</i>	78
Tabela 51: Matriz Identidade (Matriz I) do <i>Cluster 5</i>	79
Tabela 52: Matriz I-X do <i>Cluster 5</i>	79
Tabela 53: Matriz Inversa (Matriz $I-X^{-1}$) do <i>Cluster 5</i>	79
Tabela 54: Matriz de Influência Total (Matriz T) do <i>Cluster 5</i>	79
Tabela 55: Cálculos do “R+C” e “R–C” para o Diagrama DEMATEL do <i>Cluster 5</i> ...	80

PRINCIPAIS ABREVIATURAS UTILIZADAS

AAE	– Avaliação Ambiental Estratégica
AHP	– <i>Analytic Hierarchy Process</i>
BPLA	– <i>Biologically Productive Land Area</i>
CBA	– <i>Cost-Benefit Analysis</i>
CF	– <i>Carbon Footprint</i>
DEMATEL	– <i>DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory</i>
EF	– <i>Ecological Footprint</i>
GIS	– <i>Geographic Information System</i>
GPGPSD	– <i>Good Practice Guide on Planning for Sustainable Development</i>
ICE	– Indicadores Comuns Europeus
IEFS	– <i>International Ecocity Framework and Standards</i>
IGTs	– Instrumentos de Gestão Territorial
IO	– Investigação Operacional
IOA	– <i>Input–Output Analysis</i>
IRM	– Mapa de Influência Relacional
LCA	– <i>Life-Cycle Analysis</i>
MAB	– <i>Man and Biosphere</i>
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
PCA	– <i>Principal Component Analysis</i>
PIUG	– Programa de Indicadores Urbanos Globais
PSR	– <i>Pressure-State-Response</i>
RS	– <i>Remote Sensing</i>
SDGs	– <i>Sustainable Development Goals</i>
SIDS	– Sistemas de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável
SODA	– <i>Strategic Options Development and Analysis</i>
UAI	– <i>Urban Audit Indicators</i>
UIP-UH	– <i>Urban Indicators Programme UN-HABITAT</i>
UN	– <i>United Nations</i>
UNESCO	– Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência, Cultura e Comunicação
WWF	– <i>World Wide Fund for nature</i>

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem em vista a realização de uma breve introdução da dissertação. Deste modo, será inicialmente efetuado um enquadramento geral da temática, seguindo-se os seus objetivos principais e de suporte. Por sua vez, será apresentada a metodologia de investigação definida para estudar o problema de investigação. Por fim, será explicada a estrutura inerente à presente dissertação, assim como os principais resultados esperados com a sua elaboração.

1.1. Enquadramento Geral da Temática

O mundo enfrenta um conjunto de fenómenos encadeados que devem ser considerados por todos os seus habitantes. De modo geral, o aumento exponencial e contínuo da população mundial origina um fenómeno de crescente urbanização que, por sua vez, contribui para uma utilização excessiva da bio capacidade da Terra, originando a degradação dos ecossistemas e a extinção de um número considerável de espécies (United Nations (UN), 2018 e 2019; World Wide Fund for Nature (WWF), 2020). Cabe à sociedade, por isso, mudar os seus comportamentos em função da preservação do ambiente e da manutenção das gerações futuras.

Partindo desta ótica, surge a necessidade de criação de cidades mais ecológicas e regidas segundo o ideal de desenvolvimento urbano sustentável – *i.e.*, a nível económico, social e ambiental (Zhang, Fan, Chen, Li, & Yu, 2019). As *eco-cidades* permitem, assim, harmonizar a coabitação do Ser Humano e da Natureza, protegendo os recursos naturais, a saúde e o ambiente e reduzindo os danos causados a nível local e global (Suzuki, Dastur, Moffatt, Yabuki, & Maruyama, 2010; Zhao & Li, 2020). Deste modo, é possível melhorar, simultaneamente, a qualidade de vida da população, aproximar os habitantes e a natureza, reduzir o consumo energético, utilizar os serviços de forma mais eficiente e desenvolver a economia urbana (Mottaeva, Kalinina, Kuzmina, Olenina, & Glashev, 2019; Yao & Tan, 2019; Yedla & Park, 2017).

Face ao exposto, as pessoas, as entidades e os governos têm, hoje mais que nunca, de ser socialmente responsáveis nas decisões que tomam. De facto, a emergência destes

fenómenos globais e os efeitos negativos a estes associados, tornam o processo de gestão demasiadamente complexo (Girard, 2011). Nesta ótica, a avaliação dos aspetos da sustentabilidade urbana afigura-se determinante na prossecução dos objetivos globais para o desenvolvimento sustentável (Ahvenniemi & Huovila, 2020; Bai *et al.*, 2016). Logo, se compreendermos os determinantes de sustentabilidade e as relações que se estabelecem entre si, conseguimos tomar decisões mais informadas e, efetivamente, criar valor (Fernandes, Ferreira, Bento, Jalali, & António, 2018). A temática da presente dissertação surge, assim, com o intuito de desenvolver um modelo de avaliação que permita identificar os critérios-chave de avaliação para eco-cidades e, consequentemente, sugerir ações de melhoria local para as mesmas.

1.2. Objetivos Principais e de Suporte

Em função do enquadramento realizado da temática, percebe-se que as eco-cidades constituem a fórmula para um desenvolvimento urbano cada vez mais sustentável e que permita a coexistência entre o sistema natural e a humanidade, preservando o ambiente e contribuindo para a manutenção das gerações. Contudo, o contexto de sustentabilidade em que este tipo de cidades se insere encontra-se frequentemente associado a um elevado grau de complexidade e a uma certa ambiguidade. As *eco-cidades* implicam uma variedade de condicionantes, efeitos e intervenientes, algo que dificulta os processos inerentes à sua gestão e avaliação. Neste sentido, o objetivo principal desta dissertação consiste no *desenvolvimento de critérios de avaliação e de ações de melhoria local para eco-cidades*.

A concretização do objetivo principal torna-se possível através da aplicação de técnicas multicritério. Neste caso, com recurso ao mapeamento cognitivo e à abordagem *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). Deste modo, pretendemos que os processos de avaliação em *eco-cidades* sejam simplificados, mais estruturados, transparentes e intuitivos. Com efeito, a revisão de literatura será realizada de modo a permitir, posteriormente, a realização de sessões de grupo, através das quais serão alcançados os seguintes objetivos de suporte: (1) identificar e discutir, com a ajuda de um painel de especialistas, os critérios a considerar na avaliação das *eco-cidades*, permitindo a estruturação da problemática e a elaboração de um mapa cognitivo coletivo; (2) determinar e analisar as relações de causalidade existentes entre os critérios; (3)

validar os resultados alcançados; e (4) sugerir ações de melhoria, com aplicabilidade prática em contexto real. Dado que a dissertação segue uma base epistemológica construtivista, sustentada numa lógica de aprendizagem contínua, o painel de decisores terá a possibilidade de realizar ajustes e/ou recomendações sobre os julgamentos de valor referentes às suas escolhas iniciais.

1.3. Metodologia de Investigação

Como mencionado, o objetivo principal desta dissertação consiste no desenvolvimento de um conjunto de critérios de avaliação e de ações de melhoria local, que permitam simplificar e estruturar os processos de avaliação em eco-cidades, recorrendo a metodologias consubstanciadas em princípios construtivistas. Deste modo, para que o objetivo seja concretizado, será relevante efetuar uma revisão de literatura no âmbito do tema em estudo, como forma de entender se uma aplicação integrada do mapeamento cognitivo com a abordagem DEMATEL – desenvolvida por Gabus e Fontanela (1972), com o objetivo de apoiar na resolução de problemas complexos aquando da identificação de relações causa-efeito entre critérios, tendo como resultado uma representação visual da estrutura dessas mesmas relações – é apropriada ao contexto em análise. Da mesma forma, será possível compreender melhor os métodos supramencionados, assim como as suas principais limitações, viabilizando a aplicação do modelo proposto.

Após a realização da componente teórica, segue-se a aplicação das técnicas de mapeamento cognitivo e da abordagem DEMATEL. Para tal, serão realizadas duas sessões de grupo com um painel de especialistas, cujo objetivo será, numa primeira fase, a estruturação do problema através da aplicação de técnicas de mapeamento cognitivo e, numa segunda fase, a análise de relações causais com recurso à abordagem DEMATEL.

1.4. Estrutura

A dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos, nos quais se inclui a presente introdução. Importa salientar que as referências bibliográficas e o respetivo apêndice são

igualmente partes integrantes da mesma. Assim sendo, partindo da metodologia e dos objetivos previamente descritos, a dissertação organiza-se do seguinte modo:

- O *Capítulo 1* concretiza a introdução, onde se faz um enquadramento geral do tema em estudo, seguindo-se os objetivos principais e de suporte, a metodologia de investigação e os principais resultados esperados da dissertação;
- O *Capítulo 2* contém a revisão da literatura referente à temática das *eco-cidades*, mais concretamente a sua origem, as suas características e a sua importância, partindo da apresentação dos conceitos de *responsabilidade social*, *ecologia* e *eco-cidade*. Após a realização de uma breve referência acerca da importância das eco-cidades para os dias que correm, serão discutidos os fundamentos de gestão para a avaliação deste tipo de cidades. Por fim, será realizada uma análise aos contributos e às limitações de alguns estudos anteriormente realizados neste âmbito, seguindo-se um foco nas limitações [re]correntes;
- O *Capítulo 3* abrange o enquadramento metodológico, que assenta sobre os métodos de estruturação de problemas de decisão e a abordagem DEMATEL, ambos subjacentes a uma base epistemológica com princípios construtivistas, concordante com a abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA). Neste sentido, será efetuada uma breve referência aos métodos de estruturação de problemas, com foco no mapeamento cognitivo e respetivos princípios basilares. Por sua vez, será realizada uma exposição sobre a abordagem DEMATEL, incluindo as suas vantagens e limitações. Por fim, serão ainda evidenciados os potenciais contributos de ambas as técnicas para a avaliação das eco-cidades;
- O *Capítulo 4* materializa a componente empírica do estudo, através da modelização e apresentação dos resultados alcançados com a aplicação das técnicas de mapeamento cognitivo e DEMATEL. Deste modo, o capítulo será iniciado pela definição da estrutura cognitiva de base, que irá decorrer da constituição de um painel de especialistas e da realização de duas sessões de grupo com o mesmo. Uma vez validada a estrutura cognitiva coletiva, será aplicado o método DEMATEL para compreender as relações causa-efeito entre os critérios identificados no mapa cognitivo e reconhecer os critérios críticos à resolução do problema em análise, seguindo-se uma análise dos respetivos resultados. Por fim, os resultados serão discutidos e consolidados numa sessão adicional, com uma pessoa externa ao painel e pertencente a uma organização

com autoridade na área, seguindo-se a formulação de recomendações em função das conclusões obtidas;

- O *Capítulo 5* apresenta as conclusões alcançadas, incluindo uma análise aos resultados e às limitações do estudo. As implicações práticas que os resultados obtidos acarretam para a avaliação e gestão das *eco-cidades* e uma reflexão sobre pistas para futura investigação são ainda partes constituintes deste capítulo.

1.5. Principais Resultados Esperados

Através da elaboração da presente dissertação, pretendemos desenvolver um conjunto de critérios de avaliação e de ações de melhoria local para eco-cidades, sendo este o principal objetivo da dissertação. A identificação dos critérios críticos à avaliação das eco-cidades, bem como a posterior formulação de sugestão de melhorias, só é possível com recurso a técnicas de cariz construtivista, como é o caso da metodologia de investigação descrita – composta pelo mapeamento cognitivo e pelo método DEMATEL. Desta forma, será possível gerar discussão, entre os membros de um painel de especialistas, em torno da temática das eco-cidades, havendo partilha das suas perspetivas e juízos de valor. Os resultados dessa discussão serão decisivos para o desenvolvimento de um modelo estruturado, transparente e intuitivamente aplicável, que simplifique o processo de avaliação das eco-cidades. A elaboração deste modelo será uma valiosa ferramenta de apoio à tomada de decisão, que poderá ser utilizada por diversas entidades, como por exemplo: autarquias, municípios e governos, acrescentando-lhes valor. Com isto, será possível, no final do estudo, saber quais os critérios de avaliação a considerar para as eco-cidades e, consequentemente, sugerir ações de melhoria local nesse âmbito. Ainda como resultado esperado da realização desta dissertação, visa-se a publicação dos resultados alcançados numa revista científica internacional especializada na área das eco-cidades.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

O planejamento, desenvolvimento e manutenção das cidades pressupõe, hoje mais que nunca, um olhar atento sobre as consequências ecológicas e ambientais. Como tal, questões acerca da sustentabilidade deixam de ser facultativas quando se trata de áreas urbanas, pelo que cabe ao Ser Humano agir em concordância com esses princípios. Posto isto, o presente capítulo visa promover uma compreensão ao nível das eco-cidades, assim como aprofundar as matérias inerentes a esta temática. Nesse sentido, serão discutidos alguns conceitos relevantes, nomeadamente os de *responsabilidade social*, de *ecologia* e de *eco-cidade*. Por sua vez, revela-se importante compreender a importância das eco-cidades, seguindo-se a apresentação de alguns fundamentos de gestão para uma devida avaliação. Serão ainda revistos estudos anteriormente realizados neste âmbito, para entender os seus contributos e limitações. Por fim, será ainda realizada uma breve exposição acerca das limitações recorrentes, com vista à viabilização do desenvolvimento de critérios de avaliação e de ações de melhoria local para eco-cidades, objeto da presente dissertação.

2.1. Responsabilidade Social, Ecologia e Eco-Cidade: Alguns Conceitos

A origem do conceito de *responsabilidade social* remonta à década de 1960, ligado à vertente corporativa e de negócio (Carroll, 1991), que envolve questões comportamentais das empresas no seu ambiente social (Brilius, 2010). Neste contexto, e dado tratar-se de um tema complexo e amplamente discutido, foram vários os autores que sugeriram definições desse mesmo conceito. Importa ter presente, no entanto, que foi em 1953 que surgiu o termo responsabilidade social, em *Social Responsibilities of the Businessman* de Howard Bowen, considerado o “pai” da responsabilidade social corporativa (cf. Fifka, 2009). Com efeito, de acordo com Fifka (2009, p. 320), a responsabilidade social corporativa: “[...] encompasses the adherence to fundamental economic and legal obligations which a business encounters in the environments where it operates as well as the responsibility to voluntarily contribute to the social development of these

environments in an adequate and structured manner that is in accordance with the resources available to each business and the underlying business strategy”.

O termo social refere-se aos *stakeholders* da organização (*i.e.*, “*groups or persons who have a stake, a claim, or an interest in the operations and decisions of the firm*”) (Carroll, 1991, p. 43), cujo interesse pode ser de cariz legal ou moral. Contudo, a definição de responsabilidade social deve ser interpretada de modo mais amplo. Ou seja, considerar tanto os *stakeholders*, como os *shareholders* da organização (Brito, Ferreira, Pérez-Gladish, Govindan, & Meidutė-Kavaliauskienė, 2019). Neste sentido, segundo Carroll (1991), uma organização tem um conjunto de obrigações e de responsabilidades que se traduzem em quatro categorias, nomeadamente: (1) económica; (2) legal; (3) ética; e (4) filantrópica. Estas podem ser representadas por uma pirâmide, compondo-se assim o conceito de responsabilidade social (Carroll, 1991).

No que concerne à gestão, a responsabilidade social deve ter sempre um papel mínimo na prossecução dos objetivos da organização, mesmo que o objetivo principal seja a obtenção de lucro (Davis, 1973). Com o passar dos anos, o peso que esta componente acarreta na estratégia das organizações tem vindo a aumentar exponencialmente, na medida em que impacta direta e/ou indiretamente no negócio das empresas (Comissão das Comunidades Europeias, 2001). Com efeito, segundo a Comissão das Comunidades Europeias (2001, p. 7), a responsabilidade social: “[...] *não se restringe ao cumprimento de todas as obrigações legais – implica ir mais além através de um “maior” investimento em capital humano, no ambiente e nas relações [...] pode aumentar a competitividade de uma empresa [...] ter também um efeito directo sobre a produtividade [...] uma melhor gestão da mudança e a conciliação entre o desenvolvimento social e uma competitividade reforçada*”. Cabe às organizações, por isso, definir o grau de responsabilidade social a introduzir na sua estratégia de negócio, para uma integração transversal dos valores sociais nos processos de tomada de decisão (Comissão das Comunidades Europeias, 2001).

De acordo com Bradshaw e Bekoff (2001, p. 460), “*as global environmental problems intensify, ecology is increasingly drawn into the social arena*”. Assim sendo, torna-se relevante abordar o conceito de *ecologia*. O termo “*ökologie*” (*i.e.*, ecologia) surge em 1866, pelo cientista alemão Ernst Haeckel, dizendo respeito ao ramo da biologia que estuda as interações entre organismos vivos ou entre eles e o ambiente físico que os rodeia (*cf.* McGrath, 2018). Winterhalder (1994) refere que a relação estabelecida entre

as partes pode ser caracterizada como: (1) dupla (*i.e.*, predador-presa) ou complexa (*i.e.*, cadeia alimentar); (2) explícita (*i.e.*, parasita-hospedeiro) ou implícita (*i.e.*, estabilidade da comunidade); e (3) biofísica (*i.e.*, variação eco típica ao longo do gradiente climático) ou puramente biológica (*i.e.*, competição). McGrath (2018) sugere que a ecologia, enquanto disciplina, surge como uma metáfora arquitetônica para o estudo da Terra como a nossa casa coletiva, visto que o termo “*ökos*” significa casa.

A *nova ecologia* é uma ciência que remete para uma ecologia de sistema que, além de indivíduos e espécies, abrange a estrutura e o funcionamento dos níveis organizacionais (Winterhalder, 1994). Assim, a ecologia é uma ciência que sofreu duas grandes mudanças conceptuais (*i.e.*, inclusão do Ser Humano no ecossistema e evolução de uma visão reducionista para uma visão sistêmica do mundo), revertendo-se uma tendência centenária de separação e de reintegração da ciência na experiência humana, cruzando ecologistas, seres humanos, sociedade, ciência e natureza (Bradshaw & Bekoff, 2001). A visão sobre este conceito foi evoluindo para diversas áreas (*e.g.*, cidades, cultura e ambiente), tornando-se cada vez mais abrangente (McDonald, 2016; McGrath, 2018). Pickett, Cadenasso, Childers, McDonnell e Zhou (2016) assinalam o despertar da ecologia para as áreas urbanas no fim da década de 1990, considerando os humanos e as suas ações como componentes de praticamente todos os ecossistemas. Deste modo, “*the centrality of urban challenges and opportunities integrated with, driving, and responding to planetary change forces us to rethink the roles of cities in ecology*” (McPhearson *et al.*, 2016, p. 210).

Relativamente ao conceito de *eco-cidade*, crê-se que foi inicialmente proposto pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência, Cultura e Comunicação (UNESCO), em 1971, no âmbito do programa *Man and Biosphere* (MAB) (Wang, Ding, & Zhuang, 2015). A origem do termo remonta a 1975, quando Richard Register criou a organização sem fins lucrativos *Urban Ecology*, com o intuito de “*rebuild cities in balance with nature*” (Roseland, 1997: p. 197). Contudo, este termo foi impulsionado pela publicação do livro “*Eco-city Berkeley: Building Cities for a Healthy Future*”, do jornal *The Urban Ecologist* e pela realização de três conferências internacionais no âmbito das eco-cidades entre 1990 e 1996, que conduziram à publicação da obra “*Towards an Eco-City*” (Roseland, 1997; UN, 2012). Posteriormente, a *Urban Ecology* define os 10 princípios para a criação de cidades ecológicas (ver *Tabela 1*).

10 Princípios para a Criação de Cidades Ecológicas
Rever as prioridades da utilização do solo, para criar comunidades de utilização mista, compactas, diversificadas, verdes, seguras, agradáveis e vitais, perto de “nós” no tráfego e de meios de transporte.
Rever as prioridades de transporte, para dar primazia ao acesso por proximidade.
Restaurar os ambientes urbanos danificados (<i>e.g.</i> , riachos, linhas costeiras, cordilheiras e pântanos).
Criar moradias adequadas, acessíveis, seguras, convenientes e mistas, a nível económico e racial.
Nutrir a justiça social e criar maior igualdade de oportunidades.
Apoiar a agricultura local, os projetos de arborização urbana e as hortas comunitárias.
Promover a reciclagem, as tecnologias de inovação apropriadas e a conservação de recursos, bem como, simultaneamente, reduzir a poluição e os resíduos tóxicos.
Trabalhar em conjunto com as empresas, para apoiar atividades económicas ecológicas e combater a poluição, o desperdício e a utilização e produção de materiais tóxicos.
Promover a simplicidade de modo voluntário, em detrimento do consumo excessivo de bens materiais.
Aumentar a consciência sobre o meio ambiente local e bio regiões, através de projetos ativistas e educacionais que sensibilizem a população para a sustentabilidade ecológica.

Tabela 1: Os 10 Princípios para a Criação de Cidades Ecológicas

Fonte: Roseland (1997, p. 197).

A popularização do termo *eco-cidade* deve-se não só aos autores supramencionados, mas também aos movimentos que foram surgindo ao longo dos anos neste âmbito. Assim, a visão sobre este conceito assenta no conjunto de sinergias que se estabelece entre determinadas dimensões e que abrangem conceitos como: (1) tecnologia apropriada; (2) desenvolvimento económico da comunidade; (3) ecologia social; (4) movimento verde (*i.e.*, *green cities/communities*); (5) bio regionalismo; e (6) desenvolvimento sustentável (Roseland, 1997). Todavia, foram emergindo diversos conceitos neste âmbito (*e.g.*, *ecopolis*, *sustainable city*, *carbon neutral city*, *garden city*, *greencity*, *self-sufficient city* e *smartcity*), que não devem ser confundidos com o conceito de eco-cidade (Griffiths & Sovacool, 2020; UN, 2012).

De acordo com Wang e Wang (2017), a definição do conceito *eco-cidade* pode realizar-se sob duas perspetivas, nomeadamente: (1) abrangente, que se baseia no conceito de ecossistema (*i.e.*, coexistência harmoniosa entre seres humanos e natureza); e (2) ambiental/ecológica, que envolve sustentabilidade económica, harmonia social, inovação, infraestrutura completa, segurança e gestão das habitações. Wu *et al.* (2020, p.

5) definem eco-cidade como *“an ecologically healthy city, a sustainable city, an energy-efficient city, a low-carbon city, a smart energy city, and an ecosystem whose structure and function are self-sustaining and resilient”*. Para Suzuki *et al.* (2010, p. 22), as eco-cidades são *“cities that adopt any combination of environmentally progressive measures, such as achieving a greater percentage of green space for residents, constructing a pedestrian- and transit-friendly transportation system, or requiring buildings to become more energy efficient”*. Por sua vez, Zhang *et al.* (2019, p. 300) defendem que as eco-cidades *“are based on the concept of an ecological civilization establishing a coordinated and sustainable human habitat for economic, social, and natural development”*. Contudo, a literatura sugere a inexistência de uma definição universalmente aceita para o conceito de eco-cidade. Roseland (1997, p. 200) propõe que esta noção seja adaptada numa perspectiva local, visto que envolve diversas categorias aplicadas ao nível da sustentabilidade, nomeadamente: (1) *designers* (i.e., *“architects, planners, consultants, related professionals”*); (2) *practitioners* (i.e., *“politicians, local government professionals, academics, citizens, community organizations”*); (3) *visionaries* (i.e., *“agriculturists, economists, architects, planning theorists, appropriate technologists”*); e (4) *activists* (i.e., *“bio regionalists, social ecologists, environmentalists”*). Para Randeree e Ahmed (2019, p. 139), a compreensão deste conceito evoluiu de um foco na perspectiva analítica sobre cidades sustentáveis, *“to more socially constructed understandings, adding to the subjective nature of what does or does not constitute an eco-city, formed as the outcome of a social process”*. Após a apresentação dos conceitos mais relevantes no domínio da presente dissertação, segue-se uma discussão acerca da importância das eco-cidades para a conjuntura atual e futura.

2.2. A Importância das Eco-Cidades

Face à necessidade de uma transição radical para a sustentabilidade a longo prazo (Bottero, Caprioli, Cotella, & Santangelo, 2019), foi no final da primeira década de 2000 que as *eco-cidades* começaram a ganhar importância, com um conjunto de fenómenos ligados à produção e ao consumo sustentável, ao crescimento verde, a uma economia de baixa emissão e à eficiência de recursos (Przywojska & Krzykacz, 2020). Tais acontecimentos derivam do contexto atual, caracterizado pelo aumento da população

mundial (*i.e.*, as previsões são 8.5 mil milhões em 2030, 9.7 mil milhões em 2050 e 10.9 mil milhões em 2100) e pelo número crescente de pessoas a viver em cidades e em áreas urbanas (*i.e.*, as previsões para 2050 indicam que 68% da população mundial será urbana), aumentando-se, conseqüentemente, o consumo energético (UN, 2018 e 2019).

Importa salientar a relação que se estabelece entre crescimento económico, urbanização e qualidade ambiental, assim como o seu impacto no desenvolvimento sustentável (*cf.* Sun, Wang, Wang, & Zhang, 2019). De acordo com Bayulken e Huisinigh (2015), a rápida urbanização, com políticas de crescimento económico consubstanciadas no consumo linear, alimenta processos intensivos em recursos que originam a degradação do nosso ecossistema e a extinção de diversas espécies por ano. Segundo a World Wide Fund for Nature (WWF, 2020), assiste-se a uma utilização excessiva da bio capacidade da Terra em 56%. À semelhança, o aquecimento global discute-se mais intensamente que nunca (Surjan & Shaw, 2008), criando a necessidade de investir em soluções baseadas na natureza para enfrentar os riscos e melhorar as condições de vida da população (Global Commission on Adaptation, 2019). Portanto, a emergência destes fenómenos globais coloca as eco-cidades na ordem do dia (Randeree & Ahmed, 2019).

Simultaneamente, a cidade é o ponto de partida para a construção de esperança de uma mudança positiva (Girard, 2011), pois são as cidades que apresentam o maior potencial de desenvolvimento sustentável – *i.e.*, económico, tecnológico e sociocultural (Bottero *et al.*, 2019; Mottaeva *et al.*, 2019). Uma cidade é um sistema dinâmico, em fluxo e em evolução (Girard, 2011), onde existem maiores oportunidades laborais e de socialização (Griffiths & Sovacool, 2020). Para Stoltz, Shafqat, Arias e Lundqvist (2014, p. 2192), “*cities are undoubtedly the largest creations of humanity*”, representando uma sociedade heterogénea e multifacetada, com funções e estruturas diversificadas (Surjan & Shaw, 2008). Torna-se crucial, por isso, desenvolver cidades sustentáveis e resilientes “*as recognized in Goal 11 of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs)*” (Bai *et al.*, 2016, p. 69) – “*a commitment to making cities inclusive, safe, resilient and sustainable*” (UN, 2018, p. 2). Com efeito, as eco-cidades englobam um vasto espectro de aspetos de sustentabilidade (*e.g.*, forma urbana, transportes, proteção e segurança, governação, tecnologias de suporte, economia, sociedade, cultura e política) (Griffiths & Sovacool, 2020). Guiando-se pelo ideal de desenvolvimento sustentável, as abordagens a este tipo de cidades enfatizam diversos componentes de sustentabilidade (*e.g.*, *design* solar passivo, ecologização, habitação sustentável e vida urbana sustentável), além de considerarem as diferenças de tempo e de espaço, a alocação dos recursos de

forma razoável e o atendimento das necessidades das gerações atuais e futuras de modo justo (Bibri & Krogstie, 2019a; Zhao & Li, 2020). Face à pandemia gerada pelo novo coronavírus (Covid-19), as cidades enfrentam novos desafios para garantir a saúde e os meios de subsistência dos moradores urbanos, emergindo a necessidade de melhorar o acesso aos sistemas de transporte público integrados com vias pedestres e ciclovias (UN, 2020).

A essência da eco-cidade passa por estabelecer harmonia entre o Ser Humano e a Natureza (*i.e.*, entre o sistema natural e entre o homem e a natureza), de modo a proteger os recursos naturais, a saúde e o ambiente, minimizando os danos causados pelo desperdício (Zhao & Li, 2020). Para Yao e Tan (2019), a eco-cidade visa, em simultâneo, promover o desenvolvimento da economia urbana, de modo holístico e sistemático, garantindo a harmonia e a unificação entre o ambiente, a sociedade e as finanças. As eco-cidades potenciam a geração de redes eco industriais, contribuindo para uma utilização mais eficiente dos serviços prestados pelos municípios (*e.g.*, água e esgoto, transporte e capacidade de aterro), sendo através dos benefícios económicos, sociais e ambientais (*e.g.*, transformar desperdício em produtos derivados) obtidos pelas empresas e comunidade que estas redes crescem (Yedla & Park, 2017). Nesta sequência, a melhoria da qualidade de vida, a promoção de proximidade entre os habitantes e a natureza, a compreensão do apoio ao ambiente e a redução do consumo de energia constituem o grande propósito para a criação deste tipo de cidades (Mottaeva *et al.*, 2019).

Face ao exposto, parece evidente que as *eco-cidades* aumentam o bem-estar dos cidadãos e da sociedade e melhoram a economia local, ao mesmo tempo que reduzem os danos causados no ambiente local e global, “*through integrated urban planning and management that harness the benefits of ecological systems and protect and nurture these assets for future generations*” (Suzuki *et al.*, 2010, p. 19). Assim sendo, segue-se a apresentação dos fundamentos de gestão que suportam a avaliação das eco-cidades.

2.3. Fundamentos de Gestão para a Avaliação das Eco-Cidades

Na segunda metade do século XX, o desenvolvimento das áreas urbanas ficou marcado por uma estratégia isolada para a construção de eco-cidades (*i.e.*, “*building a compound ecological city of sustainable development*”) (Zhang *et al.*, 2019, p. 301), o que implica

inúmeros processos de tomada de decisão para promover a coexistência sustentável entre o Homem e a Natureza (Bibri & Krogstie, 2019b; Rudskaya, Eremenko, & Yuryeva, 2019). Tornou-se assim evidente que as cidades necessitam de implementar medidas estratégicas capazes de inverter a tendência negativa atual relativamente à qualidade de vida das populações urbanas (Brito *et al.*, 2019). Para uma melhoria contínua da mesma, Stanvliet e Parnell (2006) sugerem que se considerem aspetos como: (1) energia; (2) água; (3) filtragem de ar; (4) regulação do microclima; (5) redução de ruído; (6) tratamento de esgoto; e (7) áreas recreativas e culturais. Isto porque *“well-managed urbanization, informed by an understanding of population trends over the long run, can help to maximize the benefits of agglomeration while minimizing environmental degradation and other potential adverse impacts of a growing number of city dwellers”* (UN, 2018, p. 1). Por conseguinte, desencadeou-se *“a once-in-a-lifetime opportunity”* de desenvolvimento internacional para as cidades, para os países e para a comunidade, ao nível do planeamento, desenvolvimento, construção e gestão de cidades, que se afiguram simultaneamente mais ecológicas e economicamente sustentáveis (Suzuki *et al.*, 2010, p. 392). Deste modo, a avaliação da *performance* (*i.e.*, processo que permite quantificar a eficácia e eficiência das ações) surge como parte integral do planeamento de gestão e do sistema de controlo (Bourne, Neely, Mills, & Platts, 2003; Neely, Gregory, & Platts, 1995). Para Girard (2011: p. 134) a avaliação é uma ferramenta necessária *“in different pacts, agreements, city contracts, in participation processes, in finance and microcredit, in taxation, in sustainability focus groups, in auditing, in choices at a strategic, tactical and management level and in general for investigations”*. Esta ferramenta é fundamental para a seleção e construção de alternativas inovadoras de planeamento e de *design* urbano, numa perspetiva *win-win* (Girard, 2011), além de constituir um aspeto crucial das práticas de planeamento e de formulação de políticas (Barbanente & Khakee, 2003).

Face ao crescimento dos riscos ambientais, existe uma necessidade vigente para rever os processos de formação e de gestão dos sistemas urbanos, colocando-se a seguinte questão: *“how to adapt the type of settlement that has developed in the former social conditions to different principles of social and technological organization?”* (Rudskaya *et al.*, 2019, p. 3). A par disso, assiste-se ainda a um sério dilema: *“how to unite two groups of matters of the “green” agenda and the “brown” agenda, i.e., the problem of the natural environment and the habitat of the person”* (Mottaeva *et al.*, 2019, p. 4). A reconstrução ecológica das cidades, consubstanciada numa visão a longo prazo de desenvolvimento sustentável, pressupõe que, por um lado, seja considerada uma

variedade de aspetos (*e.g.*, económicos, ambientais, sociais e de energia); e, por outro, sejam criadas condições para a utilização de tecnologias ecologicamente eficazes, sem desprezar as tradições locais e as condições nativas e climáticas (Bottero *et al.*, 2019; Mottaeva *et al.*, 2019). Este processo de transformação deve encarar as atividades de planeamento, avaliação e concretização de uma eco-cidade por fases e etapas, na medida em que as prioridades do seu desenvolvimento podem mudar (Yu, 2014).

Ainda assim, importa considerar que as decisões no âmbito do desenvolvimento urbano sustentável são “*complex, subjective, and fuzzy*” (Fernandes *et al.*, 2018, p. 224), pelo que uma melhoria da compreensão acerca dos determinantes de sustentabilidade urbana e das formas como estes se interligam pode ajudar na tomada de decisões mais informadas, resultando no aumento da criação de valor e no avanço dos objetivos de sustentabilidade. Segundo Bibri e Krogstie (2019b), os processos e as práticas de sustentabilidade urbana (*e.g.*, nível operacional, gestão, planeamento, *design*, desenvolvimento e governança) respondem hoje a um urbanismo orientado por dados – “*datafication*”. Van, Cheremisin, Glinushkin, Krasnoshchekov, Davydov e Yushkova (2019) destacam a predominância de análises quantitativas e qualitativas de dados nos métodos de avaliação do potencial ambiental. As cidades contemporâneas apresentam dificuldades significativas em prever tomadas de decisão para o desenvolvimento a longo prazo (Güell & López, 2016), pelos efeitos negativos decorrentes dos processos de transformação urbana (*e.g.*, poluição, degradação ambiental, desemprego, fragmentação social e marginalização), que conferem à gestão um grau de extrema complexidade (Girard, 2011). Posto isto, parece evidente que o processo de desenvolvimento das eco-cidades, além de estratégias urbanas bem-sucedidas, carece de métodos e de modelos de avaliação, na medida em que estes fornecem “*quantitative information on the status of the studied city and help guide policy makers to identify the key issues of their development and then prepare appropriate strategies*” (Dong *et al.*, 2016, p. 1185). Chan (2017) propõe a medição e a avaliação dos diferentes níveis de desempenho ecológico das cidades com base em indicadores, partindo de processos de avaliação multidimensional que, para Girard (2011), constituem ferramentas fundamentais na gestão da transição para a eco-cidade. A utilização de indicadores multidimensionais (*e.g.*, indicadores urbanos e de sustentabilidade) (*cf.* Marques, 2010), com a inclusão de fatores económicos, sociais e ambientais, torna qualquer avaliação no âmbito da sustentabilidade mais prática e completa (Hai *et al.*, 2015).

O desenvolvimento da eco-cidade tornou-se uma ação tangível de concretização e materialização da ambição em torno da criação de uma civilização ecológica (Höffken & Limmer, 2019). Segundo Wang e Wang (2017, p. 2), este deve ter em consideração *“synthetic governance strategies [...], cross-sector administrative management, the improvement of environmental performance and adaptable development of infrastructure and industry, new policies that can balance economic and environmental targets, and an environment-friendly urban dwelling lifestyle”*. Hu, Wadin, Lo e Huang (2016, p. 85) identificam *“national capabilities”, “policies”, “dedicated local public authority”, “participation of local citizens”* e *“infusion of national capability and business activity”* como fatores transformativos desse processo. Nota-se, assim, que a avaliação da sustentabilidade urbana tem um papel fulcral no caminho para a sustentabilidade (Ahvenniemi & Huovila, 2020), havendo um interesse crescente, por parte de académicos e decisores, para o desenvolvimento de metodologias capazes de realizar uma devida avaliação e, consequentemente, melhorar os desempenhos de sustentabilidade urbana dos territórios urbanos (Vassalo & Farinha, 2010). É neste seguimento que o próximo ponto apresenta uma revisão de iniciativas e de estudos anteriores, com destaque para os seus contributos e limitações no contexto da presente dissertação.

2.4. Estudos Anteriores: Contributos e Limitações

O futuro do Ser Humano, do meio ambiente e da biosfera molda-se na cidade (Girard, 2011), sendo a modernização ecológica uma das abordagens mais utilizadas na operacionalização de alguns dos objetivos de desenvolvimento sustentável (Bayulken & Huisinigh, 2015). Contudo, os modelos de sustentabilidade urbana sempre foram alvo de obstáculos, pelo que persistem ainda problemas, questões e desafios associados ao planeamento, *design* e desenvolvimento ecológico das cidades (*e.g.*, a concretização de eco-cidades requer a tomada de inúmeras decisões complexas sobre tecnologias verdes e eficientes a nível energético, *layouts* urbanos, *design* de edifícios e governança) (Bibri & Krogstie, 2019a). Segundo Zhao e Li (2020, p. 1), alguns desses problemas envolvem *“poor standardization, insufficient subjective cognition, and lack of methodology”*. Por sua vez, Shaker (2018) sugere que, derivado da extensibilidade das iniciativas de medição no âmbito da sustentabilidade, o foco persiste na melhoria de precisão das práticas utilizadas, ao invés do desenvolvimento de ferramentas úteis e aplicáveis.

Atendendo a esta problemática, a *Ecocity Builders* (organização sem fins lucrativos fundada por Richard Register) desenvolveu o modelo *International Ecocity Framework and Standards* (IEFS), que permite às cidades avaliar a sua condição ecológica geral através de um conjunto de 15 critérios – *i.e.*, alimentação, energia, integridade ecológica, capacidade de carga, biodiversidade, ar, acesso por proximidade ou localização, bem-estar, educação, cultura, capacidade/participação da comunidade, água e solo – e, simultaneamente, obter apoio para se tornarem *eco-cidades* (UN, 2012). Por conseguinte, no que respeita ao meio académico, nacional e internacional, Vassalo e Farinha (2010) enunciam que os sistemas de avaliação mais relevantes baseiam-se em indicadores. A título ilustrativo, os autores referem os seguintes exemplos: “*Sistemas de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável* (SIDS); *Programa de Indicadores Urbanos Globais* (PIUG); *Urban Indicators Programme UN-HABITAT* (UIP-UH); *Indicadores Comuns Europeus* (ICE); *Urban Audit Indicators* (UAI); *Avaliação Ambiental Estratégica* (AAE); e *Good Practice Guide on Planning for Sustainable Development (GPGPSD)*” (Vassalo & Farinha, 2010, p. 4). Contudo, os autores indicam que não existem critérios capazes de avaliar ou de monitorizar o modelo atual de crescimento. Face ao exposto, foram revistos alguns estudos anteriormente realizados no âmbito da avaliação das eco-cidades, destacando-se de seguida os respetivos contributos e limitações (ver *Tabela 2*).

Autoria	Metodologia	Contributos	Limitações
Tsolakis & Anthopoulos (2015)	<i>System Dynamics</i>	<ul style="list-style-type: none"> A metodologia permitiu a realização de simulações, de forma a investigar o efeito das estratégias de intervenção política, quanto ao produto económico e à poluição ambiental, em termos de poluição da água, emissões de CO² e produção de resíduos sólidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Os dados utilizados são de um único caso representativo. Não foram analisados os subsistemas das eco-cidades, logo os seus efeitos não foram considerados.
Wang <i>et al.</i> (2015)	<i>Evaluation Index System (PSR, AHP, PCA) based on Spatial Analysis Technology (RS, GIS)</i>	<ul style="list-style-type: none"> O método constitui um processo eficiente e prático, que pode ser amplamente utilizado na avaliação de eco-cidades. 	<ul style="list-style-type: none"> Os indicadores considerados foram de cariz económico, social, ambiental e de vulnerabilidade ecológica, pelo que existem outras áreas de estudo extensíveis ao modelo.
Zhou, He, Williams, & Fridley (2015)	<i>ELITE Cities Tool</i>	<ul style="list-style-type: none"> A <i>ELITE cities</i> constitui uma ferramenta útil e eficaz, que pode ser utilizada por: (1) governos locais, aquando da definição e avaliação do estado das eco-cidades <i>low carbon</i>, assim como da avaliação do progresso do seu desenvolvimento nesse sentido; e (2) governos centrais, para avaliar o desempenho das cidades locais no desenvolvimento de eco-cidades <i>low carbon</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Dado tratar-se de um campo de estudo com elevado dinamismo e novidade associados, não existem provas se alguma cidade atingiu o padrão de sustentabilidade, assim como também não existe um valor limite padronizado para definir uma cidade como “<i>ecológica</i>” ou “<i>low carbon</i>”. Os indicadores de avaliação têm de ser adaptados face às mudanças ambientais.
Dong <i>et al.</i> (2016)	<i>Comprehensive review on evaluation methods</i>	<ul style="list-style-type: none"> O estudo sugere seis métodos de avaliação para eco-cidades: <i>Input–Output Analysis</i> (IOA); <i>Life-Cycle Analysis</i> (LCA); <i>Ecological Footprint</i> (EF); <i>Carbon Footprint</i> (CF); <i>Emergy analysis</i>; e <i>Cost-Benefit Analysis</i> (CBA). 	<ul style="list-style-type: none"> Dado que o desenvolvimento urbano tem uma natureza complexa, nenhum método, por si só, consegue fornecer uma avaliação perfeita sobre o desenvolvimento da cidade. A imprecisão e a incerteza são os principais fatores críticos associados a estes métodos.

Ma & Shi (2016)	<i>Comprehensive Index (eco-environmental indicators)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O sistema de avaliação para a qualidade eco ambiental da zona económica avalia eficazmente o estado eco ambiental da região e analisa o desempenho relativo às políticas atuais de desenvolvimento regional. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O estudo investigou apenas regiões administrativas, a nível de concelho, da zona económica do estreito de Taiwan ocidental (China).
Wang & Wang (2017)	<i>Extended Ecological Footprint Model (EF)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O modelo clarifica o estado de sustentabilidade da cidade, com destaque para o equilíbrio entre os vários tipos de consumo (e.g., energia fóssil, recursos biológicos e poluição ambiental) e a capacidade de abastecimento da <i>Biologically Productive Land Area</i> (BPLA) de uma eco-cidade. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os indicadores selecionados para a poluição apenas tiveram em consideração a pegada florestal e hídrica; ▪ A pegada comercial intercidades não foi considerada, derivado da falta de dados estatísticos oficiais. ▪ Não houve identificação do período em que os efeitos das práticas ecológicas foram maiores.
Liu (2018)	<i>Sustainability Index</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O método inclui indicadores de igualdade de rendimento, equidade social e justiça, que são ponderados pelo impacto em diversas localizações (e.g., centros urbanos, subúrbios, áreas rurais e outras cidades). Além disso, examina se o interesse dos cidadãos é genuíno para medir o resultado final do desenvolvimento da eco-cidade, em vez de se focar na avaliação da participação. ▪ O sistema permite ainda identificar as causas para o desenvolvimento de eco-cidades, aspeto bastante relevante para a tomada de decisão. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os resultados são preliminares, na medida em que foi considerada uma amostra pequena de eco-cidades, maioritariamente da China.

Tabela 2: Estudos Anteriores: Contributos e Limitações

Especificamente, no que à avaliação das eco-cidades diz respeito, os estudos anteriores testaram metodologias distintas, que envolvem técnicas como: (1) *System Dynamics*; (2) sistemas de avaliação com indicadores; e (3) modelos de análise – *input-output*, ciclo de vida, custo-benefício, energia, pegada ecológica e pegada de carbono (Dong *et al.*, 2016; Liu, 2018; Ma & Shi, 2016; Tsolakis & Anthopoulos, 2015; Wang *et al.*, 2015; Wang & Wang, 2017; Zhou *et al.*, 2015). Contudo, verifica-se que a elevada complexidade e dinamismo do contexto em que as eco-cidades se inserem tem efeito na sua avaliação. Wang *et al.* (2015) e Zhou *et al.* (2015) notam a existência de uma multiplicidade de indicadores e a ocorrência de mudanças ambientais que devem ser considerados. Neste sentido, os estudos de Tsolakis e Anthopoulos (2015) e Wang e Wang (2017) revelam que nem sempre se considera e/ou se identifica corretamente os efeitos de algumas práticas relevantes, assim como de outras variáveis (*e.g.*, subsistemas das eco-cidades). Além disso, muitos dos resultados das avaliações dizem respeito a amostras pequenas e pouco representativas (Liu, 2018; Ma & Shi, 2016; Tsolakis & Anthopoulos, 2015). Existe também falta de dados oficiais sobre diversas áreas importantes a considerar no processo de avaliação, originando um certo grau de subjetividade na utilização dos dados no modelo (Liu, 2018; Wang e Wang, 2017). Neste sentido, e em concordância com Dong *et al.* (2016) e Wang e Wang (2017), a avaliação dos efeitos das práticas sustentáveis em eco-cidades deve ser realizada com recurso a múltiplas abordagens e diferentes perspetivas para uma visão mais profunda sobre as estratégias de desenvolvimento urbanas.

Importa notar, ainda, que as limitações mais comuns, no âmbito da avaliação da sustentabilidade urbana, relacionam-se com a identificação dos critérios a considerar no sistema de avaliação e com o cálculo dos seus *trade-offs* (Fernandes *et al.*, 2018). Posto isto, em face do número de estudos realizados até à data, assim como do crescente interesse e mobilização de esforços a respeito deste tópico, segue-se a identificação das limitações mais recorrentes no âmbito da avaliação das eco-cidades.

2.5. Limitações [Re]Correntes

Os estudos anteriores revelam a existência de um conjunto de limitações nos modelos utilizados, algo que constitui uma oportunidade para conduzir novas investigações e testar outros métodos no âmbito da avaliação das *eco-cidades*. Neste sentido, consideram-se as

seguintes limitações genéricas: (1) forma pouco clara como são identificados os determinantes/critérios de avaliação de eco-cidades; (2) falta de análises das relações causais entre esses mesmos determinantes; e (3) ausência generalizada de análises dinâmicas dos determinantes ao longo do tempo. Tal como evidenciam Wang *et al.* (2015) e Wang e Wang (2017), existe uma multiplicidade de indicadores que podem ser considerados aquando da avaliação das eco-cidades, sendo a sua determinação uma das principais limitações dos modelos anteriores.

Zhou *et al.* (2015) notam ainda a necessidade de se adaptar os indicadores às mudanças ambientais que vão ocorrendo, para que se possa ter uma avaliação completa do panorama geral das eco-cidades. De facto, Wang e Wang (2017) evidenciam a monitorização da *performance* de práticas das eco-cidades no seu modelo, mas apenas num período de tempo específico. Face à complexidade do contexto, Dong *et al.* (2016) sugerem uma combinação dos métodos de avaliação, de cariz económico, ambiental e de decisão, para que sejam obtidos resultados mais detalhados e robustos. Face ao exposto, a presente dissertação surge como forma de colmatar estas limitações, sugerindo-se o recurso a técnicas de mapeamento cognitivo e ao método DEMATEL, ambos inseridos na corrente de apoio à decisão MCDA.

SINOPSE DO CAPÍTULO 2

O presente capítulo versa sobre a temática das *eco-cidades*, em particular na contextualização e compreensão do conceito e respectivas especificidades. As *eco-cidades* constituem o presente e o futuro para a subsistência do mundo como o conhecemos. O contexto atual pressupõe que se estabeleça uma visão para a sustentabilidade a longo prazo, originando, assim, a necessidade para uma transformação das cidades consubstanciada no desenvolvimento sustentável. Na prática, as *eco-cidades* visam garantir uma coexistência harmoniosa entre o Ser Humano e a Natureza, prezando a saúde e o bem-estar dos cidadãos, ao mesmo tempo que age em torno da preservação do ambiente. Como tal, a construção e o desenvolvimento deste tipo de cidades devem prever a integração dos três pilares fundamentais de desenvolvimento sustentável – *i.e.*, económico, social e ambiental. Assim sendo, parece evidente a importância de definir e implementar medidas estratégicas por forma a inverter a tendência negativa atual da qualidade de vida das populações urbanas e da degradação do ambiente. O termo *eco-cidade* é intrínseco aos conceitos de responsabilidade social e ecologia, pelo que a compreensão desta relação é fundamental para agir e fazer a diferença na sucessão das gerações e conservação do planeta. Face ao exposto, alguns estudos têm sido realizados com o intuito de desenvolver sistemas de avaliação para *eco-cidades*, na medida em que avaliar o progresso das cidades para um estado ecológico e sustentável afigura-se crucial para o seu processo de desenvolvimento. Contudo, verifica-se a existência de algumas limitações nos modelos anteriores, que resultam da complexidade inerente ao contexto em que as *eco-cidades* se inserem, marcado pela existência de uma quantidade extensa de indicadores e de efeitos a considerar na sua avaliação. Além da multiplicidade de indicadores, este tipo de cidades requer uma adaptação face às mudanças ambientais que ocorrem e uma monitorização contínua da sua *performance*. Neste sentido, considera-se que as limitações versam genericamente sobre o modo pouco claro como se identificam os determinantes de *eco-cidades*, a inexistência de análises das relações causais entre esses mesmos determinantes e a falta de análises dinâmicas dos determinantes ao longo do tempo. Assim, com o intuito de tentar colmatar as limitações recorrentes anteriormente referidas, o capítulo que se segue irá centrar-se na apresentação das bases metodológicas e das técnicas a utilizar no desenvolvimento do sistema de avaliação a conceber no âmbito da presente dissertação.

A avaliação no âmbito da sustentabilidade pressupõe que sejam consideradas múltiplas perspectivas e objetivos multidimensionais, potencialmente conflitantes. A tomada de decisão neste contexto apresenta alguma ambiguidade e um elevado grau de complexidade, algo que dificulta a resolução dos problemas de decisão. Como forma de colmatar essas dificuldades, a utilização de uma abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), que deriva da Investigação Operacional (IO), tem sido cada vez mais recorrente e adequada. Assim, com este capítulo, pretendemos enquadrar os métodos e as técnicas decorrentes desta área de conhecimento, que irão ser utilizados no decorrer desta dissertação para a avaliação das eco-cidades. Será realizada uma breve referência aos métodos de estruturação de problemas complexos, seguindo-se a apresentação da noção de mapeamento cognitivo e dos respetivos princípios de base. Será também efetuada alusão à técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), incluindo a sua exposição e formulação matemática, bem como as suas vantagens e limitações. Por último, e após o enquadramento de cada método, serão ainda identificados os seus potenciais contributos para a avaliação das eco-cidades.

3.1. *Problem Structuring Methods*

A tomada de decisão é uma tarefa difícil e complexa, com múltiplas perspectivas, restrições e variáveis (Cinelli, Kadziński, Gonzalez, & Słowiński, 2020), uma vez que pode envolver indivíduos, grupos de indivíduos, instituições e o Estado (Zavadskas, Turskis, & Kildienė, 2014). Como tal, o decisor deve selecionar múltiplos critérios – quantificáveis e não quantificáveis (Pohekar & Ramachandran, 2004) – e dotar o processo de tomada de decisão com critérios significativos, diminuindo o seu arrependimento pós-decisão (Mardani *et al.*, 2017).

A abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) (Belton & Stewart, 2002) corresponde a uma das abordagens mais utilizadas no apoio ao processo de tomada

de decisão em diversas áreas do conhecimento (*e.g.*, ciência, gestão, governança e engenharia), tendo recentemente contribuído para a avaliação no âmbito do desenvolvimento económico, da coesão social e da sustentabilidade ambiental (*cf.* Adunlin, Diaby, & Xiao, 2015; Aires & Ferreira, 2018; Pérez-Gladish, Ferreira, & Zopounidis, 2020). De um modo geral, os procedimentos incluem a definição do problema, identificação das alternativas possíveis, seleção e pesagem dos critérios e dos indicadores, avaliação, tratamento final e conclusões (Chauvy, Lepore, Fortemps, & De Weireld, 2020), providenciando um apoio sistemático aos decisores e *stakeholders* (Cinelli *et al.*, 2020). Logo, a sua aplicação permite avaliar a compatibilidade e a fiabilidade das opiniões de um grupo de decisores, estruturar e sintetizar julgamentos em hierarquia e pesar múltiplos critérios de modo subjetivo (Dobrovolskienė *et al.*, 2019).

Belton e Stewart (2002, p. 35) afirmam que “*a problem well structured is a problem half solved*”. Portanto, a estruturação do problema de decisão é a primeira – e talvez mais importante – fase do processo de apoio à tomada de decisão (Faria, Ferreira, Jalali, Bento, & António, 2018). O termo estruturação de problemas diz respeito ao processo através do qual se compreende uma situação, pela identificação dos aspetos-chave (*e.g.*, preocupações, objetivos, *stakeholders*, ações e incertezas), provendo os fundamentos da abordagem MCDA (Belton & Stewart, 2002). Os métodos de estruturação de problemas focam-se na discussão e na aprendizagem desenvolvidas através da sua aplicação (Ferreira, Jalali, & Ferreira, 2016), aperfeiçoando o entendimento dos problemas “*by proposing that individuals engage in a structured process of investigation of such elements as causal relationships, connected problems, and possible solutions*” (Damart, 2010, p. 505). Face ao exposto, segue-se um aprofundamento sobre os métodos de estruturação, com especial destaque para o mapeamento cognitivo.

3.1.1. Métodos de Estruturação e Mapeamento Cognitivo

Bana e Costa e Beinart (2005, p. 4) definem estruturação como “*um processo interativo de construção de um modelo mais ou menos formal de representação e integração de elementos de natureza objectiva, como as características factuais do problema, e elementos de natureza subjectiva, como os objectivos que explicitam os sistemas de valores dos actores são explicitados*”. Neste sentido, o processo de estruturação de um problema de decisão pressupõe a organização do modo como os participantes interagem

e a utilização de um sistema de apoio, no sentido de perceber a melhor forma do facilitador interagir com os participantes (Damart, 2010).

A *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) constitui um dos métodos de estruturação de problemas de decisão da vertente *soft* da IO (Belton & Stewart, 2002), cuja essência “*enables problematic situations to be explored more fully before making a decision*” (Ackermann & Eden, 2010, p. 136). Trata-se de uma metodologia de gestão estratégica orientada para o processo (Eden & Ackermann, 2004), que propõe a aplicação de um modelo facilitador, representado por técnicas de mapeamento cognitivo ou causal que promovem a aprendizagem (Ackermann & Eden, 2010). Deste modo, os mapas causais são ferramentas de estruturação de problemas que auxiliam a tomada de decisão e que podem, também, ser utilizados como modelo representativo e comparativo das representações mentais dos indivíduos, servindo como ferramenta para captar conhecimento especializado (Rodrigues, Montibeller, Oliveira, & Bana e Costa, 2017).

Concretamente, o termo mapeamento cognitivo descreve a ação de representar o pensamento de um indivíduo sobre um assunto/problema, em determinado momento no tempo (Chaney, 2010; Eden, 2004). Segundo Damart (2010), as representações individuais de um problema constituem a base de interação entre participantes, pelo que o trabalho em grupo visa a convergência dos esquemas cognitivos individuais para produzir uma representação cognitiva coletiva. Eden (2004) descreve o mapeamento cognitivo como uma técnica formal de modelação com foco na gestão e no controlo, que acrescenta valor a atividades de IO (*i.e.*, aplicação do método científico na gestão de sistemas organizados como um todo) (Zavadskas & Turskis, 2011). O seu foco na resolução de problemas e na ação torna o mapeamento cognitivo apropriado para estruturar problemas de decisão e encontrar soluções (Eden, 2004). Para Belton e Stewart (2002, p. 48), “*a cognitive map aims to represent the problem/issue as a decision maker (participant) perceives it, in the form of a means-ends network-like structure*”. Em termos operacionais, os mapas cognitivos revelam a estrutura dos problemas de decisão, ajudando na identificação e no entendimento das relações de causa-efeito entre os critérios de avaliação (Ferreira, Ilander, & Ferreira, 2019). Posto isto, afigura-se pertinente conhecer e compreender os princípios de base referentes ao mapeamento cognitivo, objeto do próximo ponto.

3.1.2. *Princípios Basilares do Mapeamento Cognitivo*

O mapeamento cognitivo está assente no contexto em que “*the deciders, in representing their environment, accumulate information which they then organize in order to reach a decision*” (Chaney, 2010, p. 94). Como tal, um mapa cognitivo “*is the representation of thinking about a problem that follows from the process of mapping*” (Eden, 2004, p. 673). Partindo de uma abordagem construtivista (Ferreira *et al.*, 2016), esta poderosa ferramenta permite visualizar o raciocínio do decisor, captando as suas representações mentais, algo que aumenta o entendimento sobre o problema em questão, ao mesmo tempo que amplifica o leque de critérios utilizados no sistema de tomada de decisão (Chaney, 2010; Reis *et al.*, 2019). Apesar da sua natureza subjetiva, os mapas cognitivos – e o processo pelo qual são construídos – promovem a discussão e a negociação de pontos de vista distintos, permitem transparência e aprofundam a compreensão sobre a situação da decisão (Ferreira *et al.*, 2016).

O processo inerente à sua elaboração envolve três fases que, segundo Chaney (2010), devem ser seguidas de forma rigorosa. Primeiramente, deve conhecer-se o campo de investigação para aferir os temas pertinentes sobre a situação. De seguida, devem ser conduzidas entrevistas exploratórias, com o intuito de confrontar os temas com a realidade dos indivíduos. Uma vez reunido o material final resultante das fases anteriores, o tratamento dos dados recolhidos permite a construção de um mapa cognitivo, que pode ser analisado e representado visualmente (Chaney, 2010). Após a construção do mapa, deve realizar-se uma discussão final sobre os resultados, com e entre os indivíduos, para que se faça uma maior reflexão acerca dos resultados da pesquisa e se obtenham lições práticas e diretrizes de gestão (Ferreira *et al.*, 2016).

Segundo Ackermann e Eden (2010, p. 138), o mapa cognitivo é, portanto, o modelo que traduz o “*system of concepts (or statements) used by a person to communicate the nature of the situation - the way they make sense of their world*”, que representa o significado de cada conceito pela relação que estabelece com os outros conceitos e por uma orientação de ação. Neste enquadramento, as declarações correspondem a representações do sentido que o indivíduo tem sobre o problema que o grupo enfrenta (Ackermann & Eden, 2010). Em concordância, Reis *et al.* (2019) afirmam que o mapeamento cognitivo é constituído por três componentes, nomeadamente: (1) os elementos representativos dos objetos de interesse do domínio de investigação (*e.g.*, pessoas ou atividades); (2) as construções – *nodes* (*i.e.*, conceitos que representam as

interpretações dos participantes quanto aos elementos); e (3) os *links* (i.e., setas direcionadas acompanhadas por sinais negativos/positivos, que conectam os elementos às construções). Nesta ótica, Reis *et al.* (2019) notam que os mapas cognitivos podem ser considerados mapas causais, na medida em que a presença de um sinal positivo (+) ou negativo (–) nas setas representa as relações causa-efeito entre os *nodes*. Posto isto, segue-se a explicação dos potenciais contributos que uma metodologia consubstanciada no mapeamento cognitivo acarreta para a avaliação das eco-cidades.

3.1.3. Potenciais Contributos para a Avaliação das Eco-Cidades

A avaliação da sustentabilidade envolve objetivos multidimensionais e alguma complexidade inerente aos sistemas biofísicos e socioeconómicos (Wang, Jing, Zhang, & Zhao, 2009). Logo, as representações mentais são úteis para o desenvolvimento de planos de ação que combinam perspetivas distintas, pois reduzem a carga cognitiva (Wood, Bostrom, Bridges, & Linkov, 2012). O mapeamento cognitivo, sendo uma ferramenta de suporte à tomada de decisão com um cariz interativo, versátil e simples, fornece uma visão holística do problema de decisão (Ferreira, 2016; Ferreira *et al.*, 2016). Ao incentivar a discussão entre os decisores, contribui para a redução do número de critérios omitidos, promovendo o entendimento sobre o problema de decisão e a transparência (Ferreira, Marques, Bento, Ferreira, & Jalali, 2015; Ferreira, 2016).

Os procedimentos técnicos subjacentes à construção dos mapas cognitivos permitem que os participantes expressem e registem julgamentos de valor, que podem não ser imediatamente evidentes – ou mesmo conscientemente identificados – até surgirem na discussão de grupo (Ferreira *et al.*, 2016). Neste sentido, a utilização de técnicas de mapeamento cognitivo admite que o modelo de tomada de decisão analise qualitativa e quantitativamente a estrutura e o conteúdo dos mapas, algo que permite ampliar as suas possibilidades, conferindo uma ligação lógica a todo o processo de decisão (Chaney, 2010; Faria *et al.*, 2018). Por serem ferramentas para pensamento reflexivo e de resolução de problemas, a sua análise tem um significado muito particular, que é transparente para os decisores cuja cognição foi explorada (Eden, 2004).

Em suma, Fernandes *et al.* (2018, p. 216) consideram que o mapeamento cognitivo permite: “(1) individual or group views to be identified and made explicit; (2) problem-solving alternatives to be explored; (3) differences and similarities between various

points of view to be examined; and (4) cause-and-effect relationships between those points of view to be identified". Tendo em conta que possibilita a estruturação e a clarificação de situações complexas de decisão, este pode ser o ponto de partida para a definição dos critérios a utilizar no modelo de avaliação (Reis *et al.*, 2019).

Face ao exposto e em função do contexto em que a problemática de investigação se insere, afigura-se oportuno aferir o peso dos critérios quanto às relações causa-efeito que se estabelecem entre si. Nesta ótica, segue-se a apresentação da abordagem DEMATEL, no âmbito da corrente de apoio à decisão MCDA.

3.2. A Abordagem DEMATEL

Entre as várias ferramentas de estruturação e de avaliação existentes para análise de decisões complexas (Pérez-Gladish *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2019), a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) corresponde a um dos métodos de apoio à decisão MCDA mais utilizados a nível mundial (*cf.* Yadegaridehkordi *et al.*, 2020). Tal sucede porque se trata de uma técnica que permite construir e analisar um modelo estrutural para aferir os fatores de impacto entre critérios complexos (Koca & Mathiyazhagan, 2020).

O método DEMATEL surgiu na década de 1970, com vista à resolução de problemas complexos na identificação de relações causa-efeito (Kobryń, 2017; Qi, Li, Qu, Sun, & Gong, 2020). Especificamente, foi desenvolvido entre 1972-76 por Gabus e Fontanela (1972), no centro de investigação do *Battelle Memorial Institute* de Genebra (Koca & Mathiyazhagan, 2020), "*to visualize the structure of complicated causal relationships through matrixes or digraphs*" (Si, You, Liu, & Zhang, 2018, p. 1). O seu desenvolvimento deriva da crença em que a utilização pioneira e apropriada de métodos de investigação científica pode contribuir para uma melhor compreensão de problemas específicos de decisão, para a agregação de problemáticas complexas e para a identificação de soluções viáveis através de uma estrutura hierárquica (Lin, Chen, & Tzeng, 2009; Tzeng, Chen, Yu, & Shih, 2010). O resultado final da aplicação do método "*is a visual representation – an individual map of the mind – by which the respondent organizes his or her own action in the world*" (Lin *et al.*, 2009, p. 9). Portanto, consegue facilmente mapear as inter-relações entre um conjunto de fatores identificados, separando os fatores em grupos de causa e de efeito (Tseng, 2009; Yazdi, Khan, Abbassi, & Rusli,

2020). Neste seguimento, o próximo ponto versa sobre a exposição inicial e a formulação matemática do método DEMATEL.

3.2.1. *Exposição Inicial e Formulação Matemática*

Os fundamentos do método DEMATEL partem do pressuposto que um sistema contém um conjunto de fatores $F = \{F_1, F_2, F_3 \dots, F_n\}$ e as relações entre pares são modeladas através de uma relação matemática (Tseng, 2009; Yazdi *et al.*, 2020). O seu processo de resolução compreende oito etapas (Qi *et al.*, 2020), havendo autores que sugerem algumas etapas complementares, descritas de seguida.

A *etapa 1* – i.e., gerar a matriz de influência direta inicial – pressupõe que um grupo de especialistas $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ proceda à medição da relação de influência entre um conjunto de fatores emparelhados, com recurso a uma escala de comparação com os seguintes níveis: 0 – sem influência; 1 – influência reduzida (ou baixa); 2 – influência moderada (ou média); 3 – influência elevada (ou alta); e 4 – influência muito elevada (ou muito alta) (Lin *et al.*, 2009; Qi *et al.*, 2020; Si *et al.*, 2018). Neste seguimento, gera-se uma matriz de influência direta inicial, onde todos os elementos diagonais principais equivalem a zero e z_{ij}^k representa a opinião dos decisores quanto ao grau em que F_i afeta F_j (Si *et al.*, 2018). Porém, “*apart from the main diagonal, zeros can occur also outside the diagonal, if the corresponding objects do not exert sufficient influence on the others*” (Kobryń, 2017, p. 156). De acordo com Si *et al.* (2018) e Yazdi *et al.* (2020), a matriz de influência direta do grupo $Z = [z_{ij}]_{n \times n}$, outrora intitulada matriz de influência direta inicial (Lin *et al.*, 2009), obtém-se a partir da condição (1):

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

Neste seguimento, a utilização de um mapa de influência modelador dos problemas (ver *Figura 1*) permite o mapeamento dos efeitos causais entre cada par de fatores do sistema (Kobryń, 2017; Lin *et al.*, 2009). Segundo Kobryń (2017, p. 155), “*each node of the graph represents an analysed object, whereas an arc between two nodes indicates the direction and intensity of influence relations*”.

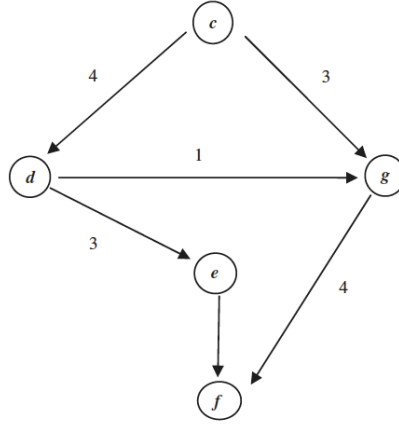


Figura 1: Estrutura de um Mapa de Influência

Fonte: Lin et al. (2009, p. 10).

Na *etapa 2* – *i.e.*, normalizar a matriz de influência direta – a matriz de influência direta normalizada resulta, segundo Si *et al.* (2018) e Tzeng *et al.* (2010), dos cálculos das fórmulas (2) e (3):

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

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

Todos os elementos da matriz X cumprem com $0 \leq x_{ij} < 1, 0 \leq \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1$ e pelo menos um i tal que $\sum_{j=1}^n z_{ij} \leq s$ (Si *et al.*, 2018). Por outras palavras, todos os elementos da matriz X estão no intervalo de 0 a 1 e $\sum_{j=1}^n x_{ij}$ é igual a 0, maior ou menor que 0, ou igual a 1 (Yazdi *et al.*, 2020).

Na *etapa 3* – *i.e.*, cálculo da matriz de influência total – a matriz T é obtida pela fórmula (4), correspondente à soma de todos os efeitos diretos e indiretos (Si *et al.*, 2018):

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

em que I corresponde a uma matriz de identidade.

A etapa 4 – i.e., criar o mapa de influência relacional (IRM) – antevê o cálculo dos vetores R e C pelas fórmulas (5) e (6), que representam a soma das linhas e das colunas da matriz de influência total (Si *et al.*, 2018):

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

$$C = [c_j]_{1 \times n} = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{1 \times n}^T \quad (6)$$

em que r_i corresponde à soma da linha i na matriz T e mostra a soma dos efeitos diretos e indiretos que o fator F_i tem sobre os outros fatores, enquanto c_j corresponde à soma da linha j na matriz T e mostra a soma dos efeitos diretos e indiretos que o fator F_j recebe dos outros fatores.

Pressupondo que $i = j$ e $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$, o vetor do eixo horizontal ($R + C$) é designado *prominence* e ilustra a força das influências que concede e recebe em relação a um determinado fator. Neste sentido, ($R + C$) corresponde ao grau de centralidade que o fator acarreta no sistema. Do mesmo modo, o vetor do eixo vertical ($R - C$) é designado *relation* e demonstra o *net effect* que o fator contribui para o sistema. Se $(r_j - c_j)$ for *positivo*, significa que o fator F_j tem uma *net influence* sobre os restantes fatores, pelo que pode ser agrupado em grupos de *causa*. Se $(r_j - c_j)$ for *negativo*, significa que o fator F_j está a ser influenciado pelos restantes fatores no seu todo, pelo que deve ser agrupado em grupos de *efeito*. Posto isto, cria-se o IRM através do mapeamento de ($R + C$, $R - C$), que fornece *insights* valiosos para o processo de tomada de decisão (Si *et al.*, 2018).

A etapa 5 – i.e., determinar o *threshold value* – decorre da possibilidade de ocorrerem situações complexas, em que a consideração de todas as relações dificulta o acesso a informação valiosa por parte do decisor (Si *et al.*, 2018). Neste contexto, Tzeng *et al.* (2010) sugerem a determinação de um *threshold value* para filtrar os efeitos, permitindo ao decisor aceder à informação que necessita. Assim, apenas os elementos com um nível de influência superior ao *threshold value* serão seleccionados para o IRM (Si *et al.*, 2018).

Na *etapa 6* – i.e., dividir o IRM em quadrantes –, Yazdi *et al.* (2020) sugerem a categorização de todos os fatores identificados no sistema (ver *Figura 2*).

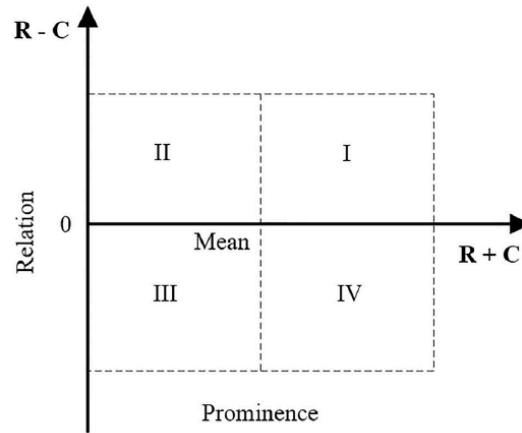


Figura 2: Categorias do Mapa de Influência Relacional (IRM)

Fonte: Yazdi et al. (2020, p. 5).

Os fatores identificados são divididos em quatro grupos (i.e., I – “*essential factors*” ou “*tangled givers*”; II – “*driving factors*” ou “*autonomous givers*”; III – “*independent factors*” ou “*autonomous receivers*”; IV – “*impact factors*” ou “*receivers*”) com base na sua localização no diagrama, que resulta do cálculo das médias de $(R + C)$ e $(R - C)$ (Yazdi *et al.*, 2020, p. 5).

A *etapa 7* – i.e., obter a matriz de influência interna – prevê que a soma de cada coluna da matriz anterior seja igual a 1 pelo método de normalização, a partir da qual se obtém a matriz de influência interna T' (Si *et al.*, 2018; Tseng, 2009).

A *etapa 8* – i.e., calcular a importância do peso de todos os fatores identificados – surge como etapa adicional (Yazdi *et al.*, 2020). De acordo com Si *et al.* (2018) os cálculos baseiam-se no *prominence* $(R + C)$, sendo obtidos pela condição (7):

$$w_i = \frac{r_i + c_i}{\sum_{i=1}^n r_i + c_i}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Visto que não existem métodos perfeitos, existem já estudos que combinam o método DEMATEL com outras ferramentas de apoio à tomada de decisão, dando origem

a versões estendidas do método (e.g., *Fuzzy DEMATEL*, *AHP-DEMATEL*, *Grey DEMATEL*, entre outros) (Si *et al.*, 2018). Posto isto, segue-se uma análise das vantagens e das limitações referentes ao método DEMATEL.

3.2.2. *Vantagens e Limitações do Método*

O método DEMATEL surge com o intuito de resolver problemas na identificação de relações de causa-efeito entre critérios de decisão (Kobryń, 2017). A sua aplicação permite a conversão das dimensões causais de um sistema complexo para um modelo estrutural de fácil compreensão, possibilitando a visualização dos grupos de causa e de efeito (Farooque, Zhang, & Liu, 2019). Este método representa visualmente as inter-relações entre fatores através de um IRM, permitindo ao decisor analisar as influências mútuas (*i.e.*, efeitos diretos e indiretos) entre os diferentes fatores ou critérios de decisão e compreender as suas relações complexas de causa-efeito no problema de decisão (Balog, Bajenaru, Cristescu, & Tomescu, 2019; Si *et al.*, 2018; Yazdi *et al.*, 2020). Para tal, a técnica determina a classificação dos critérios, descobre os critérios de avaliação críticos e mede o peso dos mesmos (Si *et al.*, 2018; Yazdi *et al.*, 2020). Koca e Mathiyazhagan (2020) destacam ainda o facto de o método reduzir, em simultâneo, o número de critérios para avaliar a eficácia de um fator (Koca & Mathiyazhagan, 2020).

Importa ter presente, contudo, que o método DEMATEL não se encontra isento de limitações. A determinação da classificação dos critérios realiza-se com base nas relações de interdependência entre eles. Porém, os restantes critérios não são incorporados no problema de decisão (Si *et al.*, 2018). De acordo com Yazdi *et al.* (2020), apesar da estrutura do método mostrar que as relações de influência são independentes do tempo e têm igual importância, as causas e os efeitos podem ser temporários em algumas situações reais. Para Tzeng *et al.* (2010), a influência dos problemas deve ser linearmente interativa, apesar dos critérios poderem não ser linearmente interativos em algumas situações reais. Os autores destacam ainda o facto de o método não lidar com *loops* de *auto-feedback*, na medida em que, na matriz direta inicial, os principais elementos diagonais são equivalentes a zero. Por sua vez, Qi *et al.* (2020) referem que o método DEMATEL depende dos pesos dos especialistas, algo que pode levar a inconsistências. Tal sucede porque os pesos relativos dos decisores não são propriamente considerados nas avaliações de grupo (Si *et al.*, 2018; Yazdi *et al.*, 2020). Além disso, o método não

consegue lidar com imprecisões na informação linguística e só pode comparar fatores de um nível (Qi *et al.*, 2020). Todavia, apesar das suas limitações, o método DEMATEL permite “*confirm the interdependence among the variables/attributes and restrict the relation that reflects the characteristic with an essential system and development trend*” (Lin *et al.*, 2009, p. 9), constituindo um método muito eficaz na estruturação de problemas de decisão (Si *et al.*, 2018). Posto isto, segue-se a exposição dos potenciais contributos que a abordagem DEMATEL acarreta para a avaliação das eco-cidades.

3.2.3. Potenciais Contributos para a Avaliação das Eco-Cidades

A tomada de decisão no âmbito do desenvolvimento sustentável apresenta alguma complexidade e ambiguidade, considerando-se um problema de decisão multicritério, na medida em que requer uma avaliação das alternativas assente em critérios de avaliação conflitantes (Kandakoglu, Frini, & Amor, 2019; Tseng, Chang, Lin, Wu, Chen, Xia & Xue, 2020). Este contexto pressupõe ainda o envolvimento de diversos *stakeholders*, com perspetivas diferentes e possivelmente discordantes, que devem ser tratados com espírito participativo e de concentração (Kandakoglu *et al.*, 2019).

O método DEMATEL, sendo uma técnica de apoio à tomada de decisão multicritério utilizada em situações onde os objetos analisados representem soluções alternativas ao problema de decisão, tem sido amplamente aceite como um dos melhores métodos no que respeita à análise das relações de causa-efeito entre critérios (Balog *et al.*, 2019; Kobryń, 2017). Deste modo, tem sido amplamente utilizado em diversas áreas, desde *green building* e *smart city* à cadeia de abastecimento, passando pela gestão hospitalar, pela indústria de peças para automóveis, energia, entre outras (Kobryń, 2017; Qi *et al.*, 2020; Mo & Deng, 2019; Tseng, 2009; Yadegaridehkordi *et al.*, 2020). Contudo, não foram encontrados registos da sua aplicação no contexto das eco-cidades. Uma vez que possibilita a conversão das inter-relações para um modelo estrutural legível e a divisão em grupos de causa e de efeito, constitui uma ferramenta aplicável e útil em sistemas complexos (Si *et al.*, 2018), como é o caso das eco-cidades.

A abordagem DEMATEL não irá resolver o problema de decisão por si só, mas consegue avaliar a dependência dos fatores de causa e de efeito (Yazdi *et al.*, 2020). Trata-se, portanto, de um forte método sistemático para a investigação de problemas de decisão complexos, com procedimentos de avaliação simples (Yadegaridehkordi *et al.*, 2020), visto que permite classificar critérios para a tomada de decisão estratégica a longo prazo

e indicar onde se podem alcançar melhorias (Si *et al.*, 2018). Concretamente, no que às eco-cidades diz respeito, esta técnica irá possibilitar a compreensão das possíveis relações de dependência existentes entre os critérios de avaliação identificados, através de uma representação gráfica das mesmas. Face aos resultados alcançados, será possível efetuar uma avaliação da *performance* urbana, incluindo a definição das áreas de atuação necessárias face ao problema e, posteriormente, a sugestão de ações de melhoria neste âmbito. Deste modo, trata-se de uma ferramenta bastante útil para efeitos de avaliação estratégica das *eco-cidades*, com potencial aplicabilidade ao nível das atividades de gestão, planeamento e desenvolvimento das mesmas.

Este capítulo facultou um enquadramento dos métodos e técnicas que irão ser utilizados no decorrer da presente dissertação, no âmbito da abordagem MCDA. Verifica-se que a ambiguidade e a complexidade são características comuns na tomada de decisão em contexto de sustentabilidade, algo que dificulta a resolução dos problemas de decisão. Nesta ótica, a estruturação do problema de decisão diz respeito à fase mais importante do processo de apoio à tomada de decisão, na medida em que promove a compreensão do problema através da identificação dos aspetos-chave para a sua resolução. Este deve ser um processo dinâmico e estruturado, com foco na discussão e na aprendizagem dos indivíduos que nele interagem, por forma a entender e solucionar o problema em análise. Entre os métodos de estruturação de problemas, destaca-se a metodologia SODA – *i.e.*, uma metodologia de gestão estratégica *soft*, que prevê a aplicação de um modelo facilitador, com recurso ao mapeamento cognitivo, para explorar a situação problemática antes de ser tomada uma decisão. Neste seguimento, o mapas cognitivos surgem como uma ferramenta de pensamento reflexivo e de resolução de problemas, pois representam a estrutura cognitiva individual e/ou coletiva do problema de decisão. A utilização desta técnica formal de modelação auxilia o processo de tomada de decisão, visto que, para além de possibilitar a estruturação do problema, permite que se encontrem soluções para o mesmo, fornecendo uma visão holística e conferindo uma ligação lógica a todo o processo. Tendo em conta que esta ferramenta possibilita a estruturação e a clarificação de situações complexas de decisão, pode constituir o ponto de partida para a definição dos critérios a utilizar no modelo de avaliação para eco-cidades. Por fim, a abordagem DEMATEL surge como complemento ao processo de apoio à tomada de decisão, visto que permite mapear as inter-relações entre os critérios previamente definidos, separando-os em grupos de causa e de efeito. Do mesmo modo, esta técnica permite avaliar a dependência existente entre esses mesmos critérios. Como qualquer outro método de avaliação multicritério, o método DEMATEL apresenta algumas limitações. Porém, não deixa de ser considerado um método sistemático, robusto e eficaz para problemas de decisão complexos. Nesta ótica, a integração das técnicas de mapeamento cognitivo e DEMATEL afigura-se bastante favorável para a avaliação das eco-cidades, face ao contexto que as caracteriza. Assim sendo, o próximo capítulo versará sobre a aplicação destas duas técnicas, concretizando a componente empírica da presente investigação.

CAPÍTULO 4

MODELIZAÇÃO E RESULTADOS ALCANÇADOS

Após realizar o enquadramento teórico e metodológico, o capítulo que se segue refere-se à componente empírica do estudo. A sua concretização tem como principal objetivo o desenvolvimento de um modelo que revele os critérios críticos a considerar para a avaliação das *eco-cidades*, com recurso a uma combinação de técnicas de mapeamento cognitivo e do método DEMATEL. Partindo da abordagem MCDA, o problema de decisão subentendido na avaliação de eco-cidades será tratado em três fases (*i.e.*, *estruturação*, *avaliação* e *recomendações*). A primeira fase prevê a definição e a estruturação do problema de decisão, através da elaboração de uma estrutura cognitiva coletiva. Uma vez validada a referida estrutura, a segunda fase antevê a avaliação das relações causa-efeito pelo método DEMATEL. Por fim, os resultados alcançados serão analisados e consolidados, seguindo-se a validação e a aferição da aplicabilidade prática do modelo desenvolvido.

4.1. Estrutura Cognitiva de Base

A *fase de estruturação* do problema é mais importante no processo de apoio à tomada de decisão (Faria *et al.*, 2018), pois constitui a base de atuação para as fases seguintes de avaliação e de recomendações inerentes à abordagem MCDA (Ferreira *et al.*, 2015). Partindo deste pressuposto, a estruturação do problema em estudo foi executada com recurso ao mapeamento cognitivo. O método previu a realização de reuniões *online*, face à situação pandémica da Covid-19, com um grupo de profissionais cuja área de especialização se relaciona com a temática em estudo, para definir e analisar o problema de forma detalhada. Neste sentido, foi reunido um painel de oito decisores (*i.e.*, quatro engenheiros ambientais, um engenheiro de urbanismo e iluminação pública, uma arquiteta urbana, uma arquiteta paisagista e uma dirigente do partido “Os Verdes”), que colaboraram nas duas sessões de trabalho realizadas com a duração total aproximada de seis horas (*i.e.*, 3.5h+2.5h). Na primeira sessão, foi ainda possível contar com a presença

de um segundo facilitador, que forneceu apoio na realização das tarefas e no respetivo registo de dados.

O processo de estruturação do problema deu-se na primeira sessão de trabalho, visto que os resultados obtidos possibilitaram a construção de um mapa cognitivo. A sessão teve início com uma contextualização do estudo e do seu principal objetivo, seguindo-se uma breve apresentação dos participantes e da ordem de trabalhos. Posteriormente, foi sucintamente explicada a metodologia a aplicar e foram introduzidas as respetivas ferramentas. Após a colocação da seguinte questão inicial: “*Com base nos seus valores e experiência profissional, que sugestões/iniciativas/ações de melhoria sugere para um maior desenvolvimento das eco-cidades?*”, que suportou a definição do problema, deu-se início à primeira fase da sessão, na qual começou o debate de ideias.

A aplicação da abordagem SODA pressupõe o recurso a *post-its* (Ackermann & Eden, 2010), tendo sido, neste caso, utilizada a *plataforma MIRO* (www.miro.com). Portanto, à medida que abordavam várias temáticas decorrentes da questão-base efetuada, os decisores utilizavam *post-its* virtuais para escrever os critérios que consideravam importantes (*i.e.*, sugestões, iniciativas e/ou ações de melhoria). Este procedimento obedeceu a duas regras, especificamente: (1) a cada *post-it* só podia corresponder a um critério; e (2) logo após escreverem o critério no *post-it*, tinham de o assinalar com um sinal positivo (+) ou negativo (–), em função da tipologia da sua influência (*cf.* Brito *et al.*, 2019; Reis *et al.*, 2019). No decorrer do processo, verificou-se a repetição de alguns critérios. Contudo, esta situação foi resolvida na fase seguinte do processo.

Na segunda fase, após garantir um conjunto de critérios significativo (*i.e.*, perto de cem), foi solicitado aos decisores que, em grupo, alocassem os *post-its* a *clusters*. Assim, foram identificadas as temáticas prevaletentes e determinados vários grupos de critérios, algo que resultou na definição de cinco *clusters* (*i.e.*, *Infraestrutura*; *Mobilidade*; *Padrões de Consumo Sustentável*; *Ecologia Integrada*; e *Política e Instrumentos de Gestão*). Na terceira e última fase da primeira sessão de trabalho em grupo, os decisores procederam à hierarquização dos critérios dentro de cada *cluster*, de forma a perceber quais os critérios que exercem maior ou menor influência no todo. A *Figura 3* retrata a aplicação desta técnica, demonstrando alguns dos momentos relativos à aplicação dos procedimentos processuais.

Após a sua conclusão, o mapa foi disponibilizado aos membros do painel para ser revisto e validado por todos. No caso de não haver concordância perante o resultado apresentado, o painel teria a possibilidade de reformular o conteúdo do mapa ou, até mesmo, recomeçar o processo. A tarefa de validação do mapa foi efetuada no início da segunda sessão de trabalho, onde todos os decisores manifestaram satisfação e aprovação perante a forma e o conteúdo do mapa cognitivo de grupo final (ver *Figura 5*).

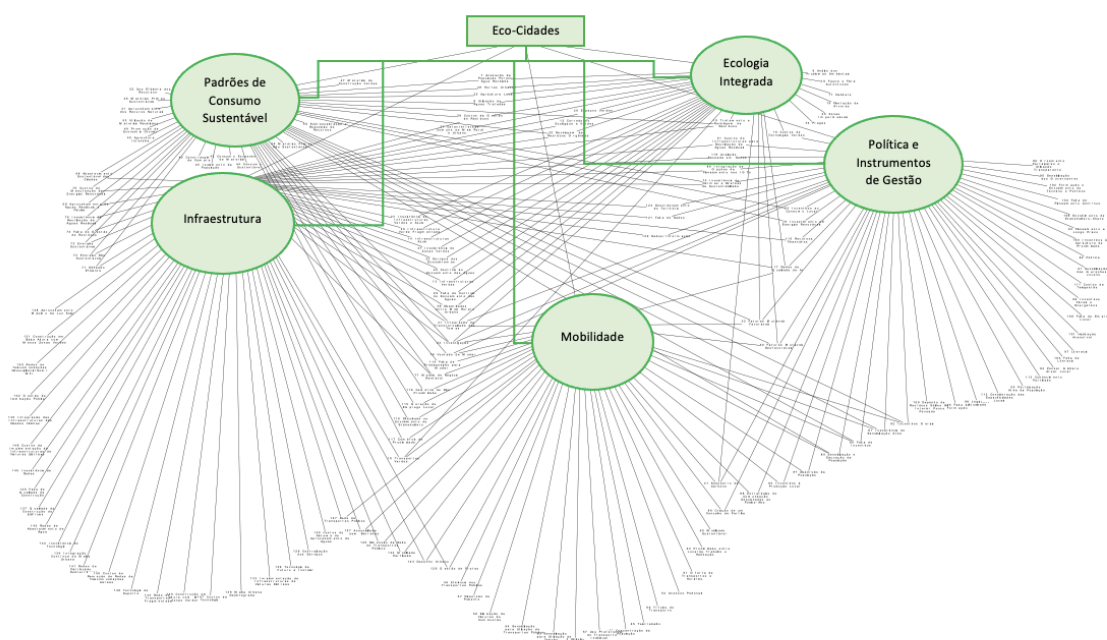


Figura 5: Mapa Cognitivo de Grupo Final

Perante a sua validação, a primeira etapa metodológica do presente estudo ficou concluída. Deste modo, foi possível prosseguir para o próximo passo, que consistiu na análise do nível de influência entre critérios com recurso à abordagem DEMATEL.

4.2. Aplicação do Método DEMATEL e Análise de Resultados

Uma vez definido e estruturado o problema em estudo, prosseguiu-se para a *fase de avaliação*. À semelhança da sessão anterior, a segunda sessão de trabalho contou com a presença dos oito membros do painel de decisores. Nesta sessão, foi introduzida a segunda etapa da metodologia, que consistiu na aplicação do método DEMATEL. Esta técnica

permite aferir e representar visualmente as relações de causa e de efeito entre um conjunto complexo de fatores (Koca & Mathiyazhagan, 2020; Lin *et al.*, 2009). A sua aplicação pressupõe a criação de *seis matrizes* iniciais (*etapa 1*, ver secção 3.2.1), com base nos *clusters* de critérios apurados na fase anterior. As matrizes foram preenchidas segundo a escala DEMATEL, que inclui valores de 0 (*i.e.*, sem influência) a 4 (*i.e.*, influência muito elevada), sendo permitida a utilização de valores decimais. Visto tratar-se de uma fase inicial, considera-se que cada *cluster* não detém influência sobre si mesmo. Logo, a diagonal principal das matrizes iniciais foi previamente preenchida com 0.0.

A primeira matriz inicial diz respeito à relação de influência que os *clusters* (Cs) estabelecem entre si, sendo eles: (1) *C1 – Infraestrutura*; (2) *C2 – Mobilidade*; (3) *C3 – Padrões de Consumo Sustentável*; (4) *C4 – Ecologia Integrada*; e (5) *C5 – Política e Instrumentos de Gestão*. O preenchimento desta matriz teve início com a colocação da seguinte questão: *Qual a influência que C1 tem em C2?*. Logo de seguida, foi revelada a possibilidade de ocorrerem situações em que, por exemplo, a influência que *C1* tem em *C2* fosse diferente da que *C2* possui sobre *C1*. A *Figura 6* ilustra a realização desta etapa.

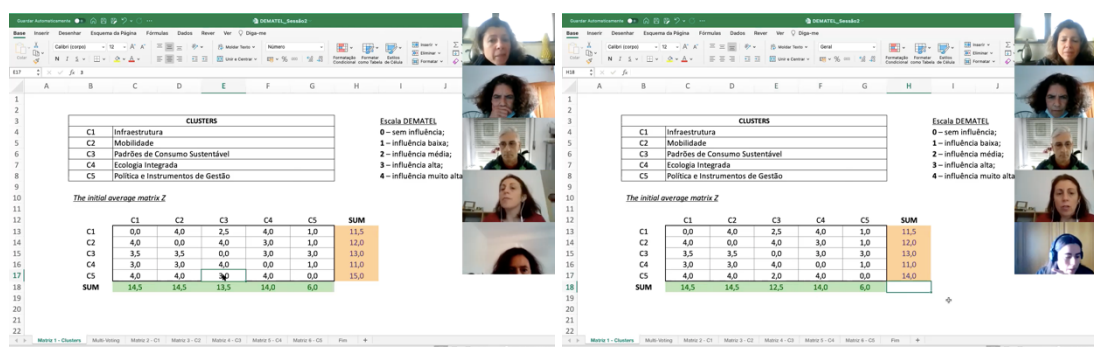


Figura 6: Imagens Representativas do Preenchimento da Matriz Inicial entre *Clusters*

Após concluir o preenchimento da matriz de influência direta inicial entre os *clusters* (*i.e.*, matriz *Z*) (ver *Tabela 3*), o painel conseguiu perceber, desde logo, que *C5 – Política e Instrumentos de Gestão* é o *cluster* que totaliza uma maior influência sobre os restantes (14.0). Contudo, é também o menos influenciado (6.0). Verifica-se também a influência alta de *C3 – Padrões de Consumo Sustentável* (13.0) e *C2 – Mobilidade* (12.0) sobre os outros *clusters*, seguindo-se *C1 – Infraestrutura* (11.5) e *C4 – Ecologia Integrada* (11.0). Destaca-se ainda o facto de *C1 – Infraestrutura* e *C2 – Mobilidade*

serem os *clusters* mais influenciados pelos outros (14.5), seguindo-se *C4 – Ecologia Integrada* (14.0) e *C3 – Padrões de Consumo Sustentável* (12.5).

	C1	C2	C3	C4	C5	SUM
C1	0.0	4.0	2.5	4.0	1.0	11.5
C2	4.0	0.0	4.0	3.0	1.0	12.0
C3	3.5	3.5	0.0	3.0	3.0	13.0
C4	3.0	3.0	4.0	0.0	1.0	11.0
C5	4.0	4.0	2.0	4.0	0.0	14.0
SUM	14.5	14.5	12.5	14.0	6.0	

Tabela 3: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) entre Clusters

Para normalizar a matriz de influência direta (*etapa 2*, ver secção 3.2.1), foi necessário calcular o $1/s$ (ver *Tabela 4*), utilizando-se as fórmulas (2) e (3) para o efeito.

Max	14.5	14.0
$1/\text{max}$	0.0690	0.0714
$1/s$	0.0690	

Tabela 4: Cálculo de “ $1/s$ ” para Normalizar a Matriz de Influência Direta entre Clusters

De seguida, o valor de $1/s$ (0.0690) foi multiplicado pelos valores da matriz Z, gerando-se a matriz normalizada de influência direta (*i.e.*, matriz X) (ver *Tabela 5*).

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0.0000	0.2759	0.1724	0.2759	0.0690
C2	0.2759	0.0000	0.2759	0.2069	0.0690
C3	0.2414	0.2414	0.0000	0.2069	0.2069
C4	0.2069	0.2069	0.2759	0.0000	0.0690
C5	0.2759	0.2759	0.1379	0.2759	0.0000

Tabela 5: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) entre Clusters

A construção da matriz de influência total constituiu o passo seguinte (*etapa 3*, ver secção 3.2.1), recorrendo-se à fórmula (4) para o efeito. Todavia, esta matriz anteviu o cálculo da matriz de identidade (*i.e.*, matriz I) (ver *Tabela 6*), seguindo-se as matrizes $I-X$ (ver *Tabela 7*) e $I-X^{-1}$ (ver *Tabela 8*). Após finalmente multiplicar a matriz X pela

matriz inversa (*i.e.*, matriz $I-X^{-1}$), obteve-se a matriz de influência total entre os *clusters* (*i.e.*, matriz T) (ver Tabela 9).

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

Tabela 6: Matriz Identidade (Matriz I) entre Clusters

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1.0000	-0.2759	-0.1724	-0.2759	-0.0690
C2	-0.2759	1.0000	-0.2759	-0.2069	-0.0690
C3	-0.2414	-0.2414	1.0000	-0.2069	-0.2069
C4	-0.2069	-0.2069	-0.2759	1.0000	-0.0690
C5	-0.2759	-0.2759	-0.1379	-0.2759	1.0000

Tabela 7: Matriz I-X entre Clusters

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1.9442	1.1604	1.0371	1.1307	0.5067
C2	1.2038	1.9876	1.1402	1.1264	0.5337
C3	1.2640	1.2640	1.9920	1.2071	0.6697
C4	1.0927	1.0927	1.0809	1.8904	0.5047
C5	1.3442	1.3442	1.1736	1.3107	1.5186

Tabela 8: Matriz Inversa (Matriz $I-X^{-1}$) entre Clusters

	C1	C2	C3	C4	C5	R
C1	0.9442	1.1604	1.0371	1.1307	0.5067	4.7790
C2	1.2038	0.9876	1.1402	1.1264	0.5337	4.9917
C3	1.2640	1.2640	0.9920	1.2071	0.6697	5.3969
C4	1.0927	1.0927	1.0809	0.8904	0.5047	4.6615
C5	1.3442	1.3442	1.1736	1.3107	0.5186	5.6912
C	5.8489	5.8489	5.4239	5.6653	2.7334	

Tabela 9: Matriz de Influência Total (Matriz T) entre Clusters

Os valores da matriz T permitiram calcular os vetores R (*i.e.*, soma das linhas) e C (*i.e.*, soma das colunas) (*etapa 4*, ver secção 3.2.1), respeitando-se as fórmulas (5) e (6). Posteriormente, o $R+C$ e o $R-C$ foram calculados, correspondendo aos eixos horizontal e vertical do diagrama DEMATEL, respetivamente (ver *Tabela 10*).

	R	C	R+C	R-C
C1	4.7790	5.8489	10.6279	-1.0698
C2	4.9917	5.8489	10.8406	-0.8572
C3	5.3969	5.4239	10.8208	-0.0269
C4	4.6615	5.6653	10.3268	-1.0039
C5	5.6912	2.7334	8.4246	2.9578

Tabela 10: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL entre *Clusters*

Com os valores apurados, construiu-se um diagrama de causa-efeito (ver *Figura 7*), que ilustra a distribuição dos *clusters*, representados por pontos, com base na sua proeminência (*i.e.*, $R+C$) e relação (*i.e.*, $R-C$). Por fim, foi determinado o $\alpha = 1.0208$ (*i.e.*, valor de limiar) para filtrar os efeitos (*i.e.*, relações de impacto) significativos (*etapa 5*, ver secção 3.2.1). Deste modo, as relações de impacto consideradas relevantes (*i.e.*, todos os valores acima de α) encontram-se identificadas a verde na *Tabela 9* e apenas essas foram representadas no diagrama DEMATEL através de setas.

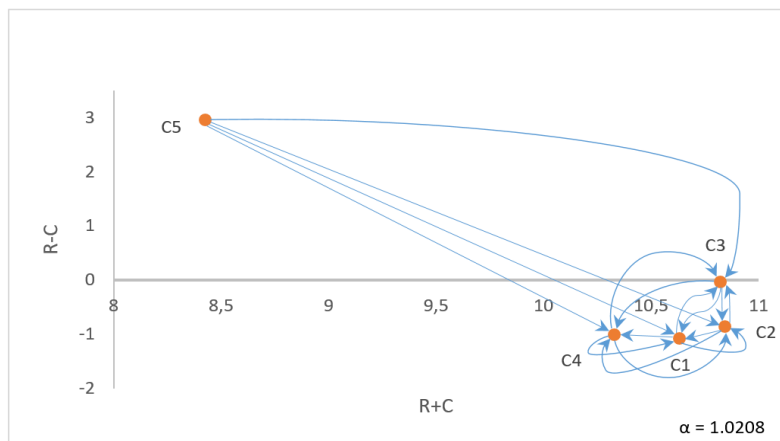


Figura 7: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) entre *Clusters*

Em complemento (*etapa 6*, ver secção 3.2.1), o diagrama foi dividido em quadrantes (Qs), no sentido de classificar devidamente os *clusters* (ver *Figura 8*).

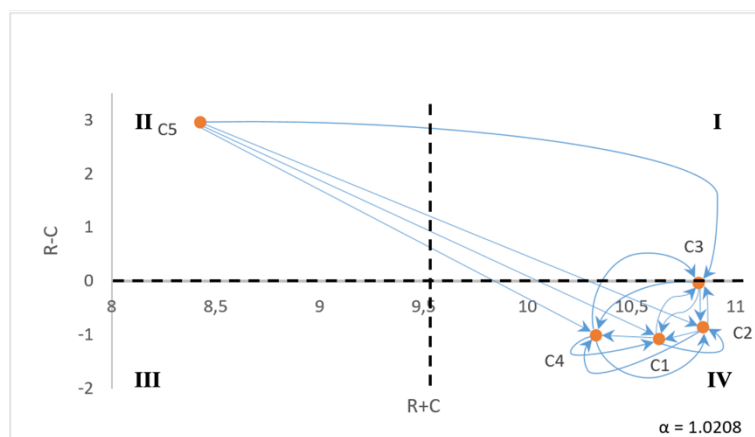


Figura 8: Diagrama DEMATEL entre Clusters Dividido por Quadrantes

A análise da distribuição dos *clusters* no diagrama DEMATEL (ver *Figura 7*) permite rapidamente identificar o *C5 – Política e Instrumentos de Gestão* como *cluster causa*, dado que o $R-C$ é positivo (2.9578). Ou seja, a influência que este *cluster* exerce nos outros é maior do que a influência dos outros *clusters* sobre si. Os demais (*i.e.*, *C1*, *C2*, *C3* e *C4*) são *clusters efeito*, pois os respectivos $R-C$ (ver *Tabela 10*) são negativos (-1.0698; -0.8572; -0.0269; -1.0039). Logo, a influência que cada um destes *clusters* exerce nos outros é menor do que a influência destes sobre si. Posteriormente, os valores do $R+C$ indicam que *C2 – Mobilidade* (10.8406) e *C3 – Padrões de Consumo Sustentável* (10.8208) representam os aspectos mais importantes do modelo, seguindo-se *C1 – Infraestrutura* (10.6279) e *C4 – Ecologia Integrada* (10.3268). Em contrapartida, o $R+C$ de *C5* (8.4246) sugere tratar-se da perspectiva menos importante, no sentido em que acarreta um peso menor para o *desenvolvimento de uma eco-cidade*. Adicionalmente, verifica-se que a maioria dos *clusters* apresenta níveis altos de proeminência e baixa relação (QIV) (ver *Figura 8*). Neste sentido, *C1*, *C2*, *C3* e *C4* são categorizados como *fatores de impacto*. Por sua vez, *C5* exibe um nível alto de relação e baixa proeminência (QII), constituindo-se como *fator determinante*.

No que concerne às cinco matrizes remanescentes, estas refletem o grau de influência que os critérios detêm uns sobre os outros dentro de cada *cluster*. Tendo em consideração que foram identificados 144 critérios na estrutura cognitiva coletiva previamente validada pelo painel de decisores, a segunda fase iniciou-se com um processo de *multi-voting* para definir os critérios que, na sua ótica, representam a perspectiva inerente a cada *cluster*. No fim, foram eleitos setes critérios em *C1* (o *cluster* de maior

dimensão) e cinco critérios para cada um dos restantes *clusters* (i.e., C2, C3, C4 e C5). A *Figura 9* contém imagens da aplicação desta técnica.

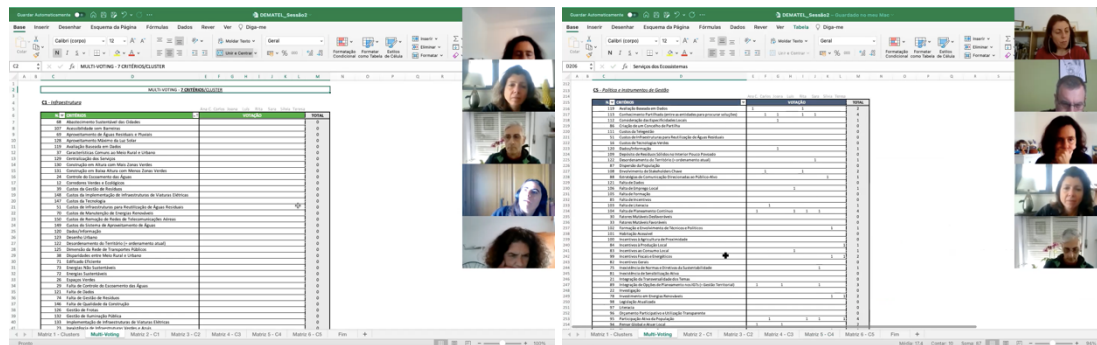


Figura 9: Imagens da Aplicação da Técnica de *Multi-Voting*

Uma vez construídas as matrizes para cada *cluster*, os decisores seguiram a lógica anterior de preenchimento. A *Figura 10* retrata alguns desses momentos.

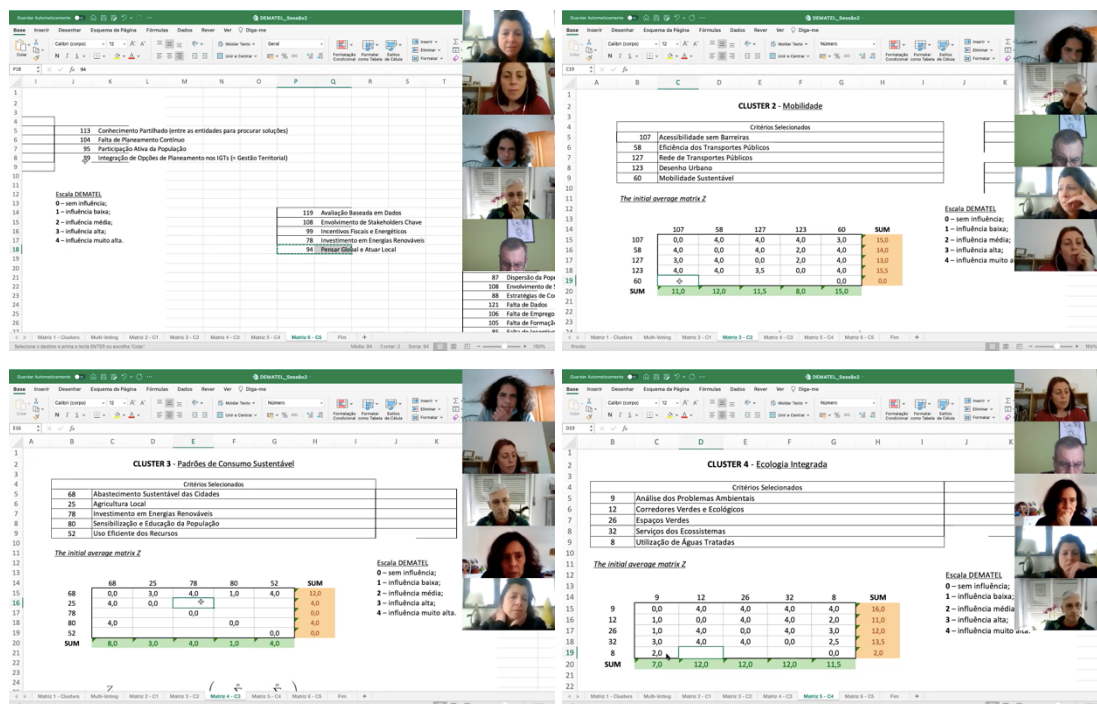


Figura 10: Imagens Representativas do Preenchimento das Restantes Matrizes Iniciais

Em resultado do exercício, foi novamente gerado um conjunto de matrizes indispensáveis à representação visual e posterior análise de cada *cluster*. Os

procedimentos de análise são idênticos aos anteriores, sendo que as figuras e as tabelas respeitantes a cada *cluster* constam em *Apêndice* (ver *Tabelas 11-55 e Figuras 16-20*).

Relativamente ao *Cluster 1 – Infraestrutura*, o painel de decisores selecionou os seguintes critérios: (1) *SC12 – corredores verdes e ecológicos*; (2) *SC19 – tratamento e reciclagem de resíduos*; (3) *SC68 – abastecimento sustentável das cidades*; (4) *SC71 – edificado eficiente*; (5) *SC89 – integração de opções de planeamento nos IGTs (i.e., instrumentos de gestão territorial)*; (6) *SC127 – rede de transportes públicos*; e (7) *SC134 – integração contínua da malha urbana*. A partir dos valores do R–C (ver *Tabela 19 e Figura 11 em Apêndice I*), identificam-se *SC71* (0.0877), *SC134* (0.0949), *SC19* (0.1140), *SC12* (0.2032) e *SC89* (0.4674) como *critérios causa*. Por sua vez, os mesmos valores indicam que *SC68* (-0.4775) e *SC127* (-0.4897) constituem *critérios efeito*. A respeito do eixo R+C, verifica-se que *SC89* (5.4971) e *SC134* (5.0622) têm maior importância ao nível da *infraestrutura*. Segue-se, por ordem decrescente de importância, *SC68* (4.3534), *SC12* (4.0888), *SC127* (3.9864), *SC19* (3.4896) e *SC71* (3.0734). Por sua vez, torna-se possível reconhecer *SC89* e *SC134* (QI) como *fatores centrais*, *SC12*, *SC19* e *SC71* (QII) como *fatores determinantes* e, por fim, *SC127* e *SC68* (QIII) como *fatores independentes* (cf. *Figura 12 em Apêndice I*).

Quanto ao *Cluster 2 – Mobilidade*, foram selecionados os seguintes critérios: (1) *SC58 – eficiência dos transportes públicos*; (2) *SC60 – mobilidade sustentável*; (3) *SC107 – acessibilidade sem barreiras*; (4) *SC123 – desenho urbano*; e (5) *SC127 – rede de transportes públicos*. Através do eixo R–C (ver *Tabela 28 e Figura 13 em Apêndice II*), identificam-se *SC107* (0.5459) e *SC123* (1.9629) como *critérios causa*. Deste modo, *SC60* (-0.0273), *SC58* (-1.0875) e *SC127* (-1.3939) são *critérios efeito*. Por sua vez, os valores do R+C indicam que *SC60* (19.1944) e *SC58* (19.1379) correspondem aos fatores mais importantes para a *mobilidade*. De seguida, por ordem decrescente de importância, tem-se *SC107* (18.6212), *SC127* (18.3859) e *SC123* (17.7878). Relativamente à divisão dos critérios pelos quadrantes, torna-se possível classificar *SC107* (QI) como *fator central*, *SC123* (QII) como *fator determinante*, *SC127* (QIII) como *fator independente* e, por fim, *SC58* e *SC60* (QIV) como *fatores de impacto* (cf. *Figura 14 em Apêndice II*).

No que se refere ao *Cluster 3 – Padrões de Consumo Sustentável*, os critérios representativos eleitos foram os seguintes: (1) *SC25 – agricultura local*; (2) *SC52 – uso eficiente de recursos*; (3) *SC68 – abastecimento sustentável das cidades*; (4) *SC78 – investimento em energias renováveis*; e (5) *SC80 – sensibilização e educação da*

população. Os valores do R–C (ver *Tabela 37 e Figura 15 em Apêndice III*) apontam somente para SC80 (1.9085) como *critério causa*. Logo, SC25 (-0.0148), SC52 (-0.3392), SC78 (-0.4552) e SC68 (-1.0993) são *critérios efeito*. No que respeita ao eixo do R+C, verifica-se que SC52 (8.7019) e SC68 (8.4148) correspondem aos critérios mais importantes para a dimensão inerente aos *padrões de consumo sustentável*. Por sua vez, SC80 (7.6055), SC25 (7.4448) e SC78 (7.4034) correspondem aos critérios com menor importância para a mesma. Quanto à sua distribuição pelos quadrantes, classifica-se SC80 (QII) como *fator determinante*, SC25 e SC78 (QIII) como *fatores independentes* e, por fim, SC52 e SC68 (QIV) como *fatores de impacto* (cf. *Figura 16 em Apêndice III*).

Em relação ao *Cluster 4 – Ecologia Integrada*, foram selecionados os seguintes critérios: (1) SC8 – *utilização de águas tratadas*; (2) SC9 – *análise dos problemas ambientais*; (3) SC12 – *corredores verdes e ecológicos*; (4) SC26 – *espaços verdes*; e (5) SC32 – *serviços dos ecossistemas*. O eixo do R–C (ver *Tabela 46 e Figura 17 em Apêndice IV*) revela que SC9 (2.2216) constitui o único *critério causa*. Neste sentido, SC8 (-0.0407), SC32 (-0.3699), SC12 (-0.7993) e SC26 (-1.0117) são *critérios efeito*. A partir dos valores do R+C, verifica-se que SC32 (7.9202) e SC26 (7.6993) dizem respeito aos critérios com maior importância para a vertente de *ecologia integrada*. Depois, por ordem decrescente, SC12 (7.0701), SC9 (6.4894) e SC8 (6.3760) equivalem aos critérios com menor importância dentro desta perspetiva. A nível dos quadrantes, identifica-se SC9 (QII) como *fator determinante*, SC8 e SC12 (QIII) como *fatores independentes*, sendo SC26 e SC32 (QIV) *fatores de impacto* (cf. *Figura 18 em Apêndice IV*).

Por fim, a respeito do *Cluster 5 – Política e Instrumentos de Gestão*, o painel elegeu os seguintes critérios: (1) SC89 – *integração de opções de planeamento nos IGTs*; (2) SC94 – *pensar global e atuar local*; (3) SC95 – *participação ativa da população*; (4) SC104 – *falta de planeamento contínuo*; e (5) SC113 – *conhecimento partilhado*. Através dos valores do R–C (ver *Tabela 55 e Figura 19 em Apêndice V*), identificam-se SC113 (1.1588) e SC94 (0.0000) como *critérios causa*. Neste seguimento, SC95 (-0.2418), SC104 (-0.3366) e SC89 (-0.5804) constituem *critérios efeito*. O eixo do R+C sugere que SC94 (8.0605) acarreta uma importância maior para a dimensão *política e instrumentos de gestão*, sendo imediatamente seguido por SC89 (7.1235). Em contrapartida, SC95 (4.8915) equivale ao critério menos importante para a referida vertente, seguindo-se SC104 (5.9904) e SC113 (6.2368) por ordem ascendente de importância. Por sua vez, a divisão por quadrantes designa SC113 (QII) como *fator determinante*, SC95 e SC104

(QIII) como *fatores independentes* e SC89 (QIV) como *fator de impacto*. Dado que $R-C = 0.0000$, SC94 encontra-se precisamente no eixo, pelo que pode ser considerado *fator central* (QI) e/ou *fator de impacto* (QIV) (cf. Figura 20 em Apêndice V).

Importa salientar, ainda, a predominância dos critérios SC12, SC68, SC89 e SC127 em mais do que uma matriz dos *clusters*. Especificamente, todos foram selecionados em C1 e, em simultâneo, cada um representa um dos outros *clusters* pela ordem acima descrita (i.e., SC12 em C2, SC68 em C3, SC89 em C4 e SC127 em C5). Deste modo, considera-se que a existência e a preservação de *corredores verdes e ecológicos*, a permanência de um *abastecimento sustentável das cidades*, a *integração de opções de planeamento nos IGTs* e a *rede de transportes públicos* constituem aspetos fundamentais a considerar no *desenvolvimento de eco-cidades*. Além disso, importa ter presente a relação de influência que os *clusters* estabelecem entre si. Posto isto, sugere-se a tomada de ações de melhoria em função dos critérios enunciados, assim como em função da sua importância e influência para a totalidade de critérios que caracteriza a conjuntura.

Uma vez apurados e analisados os resultados, deu-se por terminada a segunda etapa da metodologia aplicada neste estudo. Por conseguinte, foi possível avançar para a terceira e última fase deste processo, que envolveu a realização de uma sessão de consolidação e posterior formulação de recomendações.

4.3. Consolidação, Discussão e Formulação de Recomendações

A terceira e última etapa da metodologia diz respeito à *fase de recomendações*, que ocorreu na terceira sessão – i.e., sessão de consolidação. Esta sessão foi realizada com o Diretor da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT) e de uma colega sua. À semelhança das sessões realizadas anteriormente, a sessão foi *online*, através da *plataforma Zoom*, tendo a duração de uma hora. O facto de ambos os intervenientes serem indivíduos externos ao painel de decisores, permitiu obter uma visão espontânea e crítica sobre todo o trabalho realizado e respetivos resultados apurados. Neste sentido, a sessão foi estruturada de acordo com a seguinte ordem de trabalhos: (1) realizar um breve enquadramento acerca da metodologia proposta e do porquê de ser vista como uma mais-valia no contexto das eco-cidades; (2) obter *feedback* sobre a metodologia adotada, concretamente ao nível da aplicação combinada do mapeamento cognitivo com o método DEMATEL; (3) apresentar os

resultados finais alcançados e discutir as suas vantagens e desvantagens a nível prático; (4) perceber o que seria necessário para implementar este processo na realidade e por quem; e (5) conseguir uma opinião crítica sobre possíveis aspetos a melhorar.

A sessão teve início com um breve enquadramento da metodologia adotada, seguindo-se a apresentação dos procedimentos inerentes às fases de estruturação e de avaliação já concluídas, assim como dos respetivos resultados – *i.e.*, mapa cognitivo coletivo e diagramas DEMATEL. A *Figura 21* ilustra alguns destes momentos.

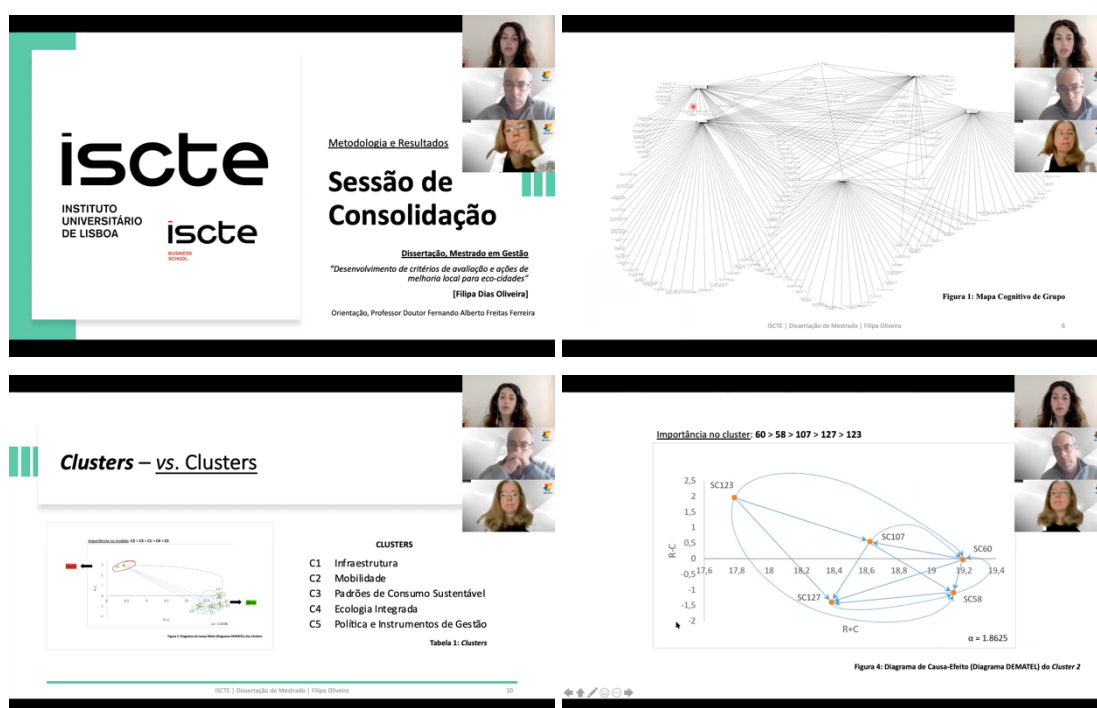


Figura 21: Imagens da Sessão de Consolidação

Após o enquadramento e a apresentação dos resultados finais alcançados, chegou a altura de ouvir os comentários acerca do trabalho realizado e respetiva aplicabilidade prática. Relativamente à metodologia, houve validação absoluta. O processo foi caracterizado como algo bastante interessante, inovador e útil no contexto das eco-cidades. Foi também referido que apresenta potencial para efetivamente dar origem a um instrumento de política pública à escala local. Concluiu-se, ainda, que os *drivers* do modelo são o planeamento urbano e a ecologia urbana. A maior fragilidade apontada prende-se com o facto de o modelo de avaliação não incluir todos os aspetos transversais e necessários em contexto urbano – *i.e.*, componentes base de todas cidades nas vertentes económica, social e ambiental. Tal deriva da constituição do painel de decisores, cujo

background profissional abrange maioritariamente a dimensão ambiental. Além disso, o facto de o modelo se basear apenas e só nas perspetivas e nas experiências pessoais e profissionais destes oito especialistas também contribui para a fragilidade enunciada, algo que já havia sido evidenciado nas fases anteriores de estruturação e de avaliação pelo próprio painel. Neste contexto, foi lembrado o carácter processual do nosso estudo, que assume igualmente uma lógica de aprendizagem contínua, podendo o modelo ser ajustado e/ou complementado sempre que os decisores considerem necessário.

Os resultados finais alcançados foram, também, validados. Segundo as palavras do especialista, os resultados são muito interessantes e o painel conseguiu identificar temas bastante relevantes e úteis para a construção de uma agenda estratégica ao nível de uma freguesia/município. Todavia, em função da fragilidade global referente à carência de componentes económicas (*e.g.*, sistemas produtivos, emprego e produção de resíduos) e sociais (*e.g.*, problemas sociais, saúde, acesso aos serviços de proximidade, resiliência e riscos), os resultados são incompletos. Face ao exposto, concluiu-se que o modelo desenvolvido não é sólido o suficiente para ser implementado “*ipsis verbis*” como se encontra apresentado, na medida em que carece de maior robustez. Nesta ótica, foi recomendado desencadear mais quatro ou cinco processos que comportem as componentes em falta (*i.e.*, económica e social). Na prática, revela-se necessário abordar mais tópicos (*e.g.*, agroalimentar), alargar o leque de especialistas (*e.g.*, engenheiro agrónomo, engenheiro de tráfego, engenheiro de telecomunicações, sociólogo, imobiliário) e, se possível, aplicar a um caso em concreto. Importa ter presente, no entanto, que a lógica processual assumida permite que o modelo seja complementado, ajustado e/ou melhorado sempre que o contexto assim o exija, sendo esta uma das mais-valias associadas à lógica construtivista e de aprendizagem contínua adotada neste estudo.

Por fim, denota-se a aplicabilidade prática do modelo em contexto de política pública, pois permite perceber quais são as prioridades de ação, auxiliando e acelerando o processo de tomada de decisão nesse âmbito. A título de exemplo, tem utilidade para um presidente de câmara definir as prioridades do seu próximo mandato ou, até mesmo, para decidir onde irá incidir o investimento municipal. O resultado do processo desenvolvido “*é um substrato para uma política pública, para uma estratégia local. Uma política para atacar os problemas do território, acelerando a mudança para uma eco-vila, eco-aldeia, eco-cidade*” (citando o especialista). Assim, constitui uma oportunidade para tratar as eco-cidades a partir de uma visão estratégica e sistémica.

Uma vez que o estudo decorreu em cenário de pandemia, marcado pela mudança das normas e dos hábitos/costumes da sociedade, a realização de estudos idênticos num cenário pós-pandémico pode originar resultados diferentes. Há, assim, a oportunidade para realizar mais investigação neste âmbito, conforme referido no próximo capítulo.

SINOPSE DO CAPÍTULO 4

O quarto e penúltimo capítulo da presente dissertação serviu para concretizar a componente empírica do estudo, tendo sido retratadas as diferentes fases inerentes ao processo de apoio à tomada de decisão. De acordo com a literatura, a *fase de estruturação* constitui a primeira e mais importante etapa deste processo, pois permite a definição do problema de decisão. Esta fase iniciou-se com a realização da primeira sessão de trabalho com um painel de decisores, que reuniu especialistas de várias áreas (*i.e.*, engenharia ambiental, arquitetura urbana e paisagística, urbanismo e ambientalismo). A discussão do tema teve início com a colocação da seguinte *trigger question*: “Com base nos seus valores e experiência profissional, que sugestões/iniciativas/ações de melhoria sugere para um maior desenvolvimento das eco-cidades?”. Neste seguimento, deu-se a definição do problema em estudo, com recurso à técnica SODA, que prevê a utilização de *post-its* para o efeito. A partir desta interação, foi possível identificar os critérios que, na ótica dos decisores, devem ser considerados no desenvolvimento de eco-cidades. Nesta fase, foi aplicado mapeamento cognitivo, que resultou na construção de uma estrutura cognitiva coletiva composta por 144 critérios. O mapa cognitivo coletivo foi posteriormente validado pelo painel, algo que permitiu avançar para a segunda fase do processo. Posto isto, a *fase de avaliação* teve início na segunda sessão de grupo, onde foi aplicado o método DEMATEL. Após a criação de seis matrizes iniciais devidamente preenchidas pelo painel, foi possível avaliar as relações de influência que se estabelecem entre os *clusters* e entre os critérios representativos de cada *cluster*. Posteriormente, a aplicação da técnica DEMATEL originou um conjunto de diagramas, que ilustram as relações de impacto significativas e permitem a divisão dos critérios em grupos de causa e de efeito. Por fim, a *fase de recomendações* ocorreu na sessão de consolidação realizada com o Diretor da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT). Esta foi uma etapa crucial para validar os resultados alcançados através da metodologia proposta, aferir a sua aplicabilidade prática e sugerir ações de melhoria. Em suma, a utilização combinada das técnicas possibilitou a construção de um modelo de avaliação multicritério, que evidencia os critérios de avaliação a considerar para o desenvolvimento de eco-cidades, revelando-se um instrumento útil no auxílio ao processo de tomada de decisão em contexto de política pública.

Derivado de uma lógica construtivista, o presente estudo evidenciou um conjunto de aspetos a considerar na avaliação de eco-cidades. Assim, neste último capítulo, serão apresentados os resultados alcançados e as limitações do estudo. De seguida, serão expostas as implicações práticas para a gestão de eco-cidades e, por fim, serão reveladas pistas para futura investigação neste âmbito.

5.1. Resultados e Limitações do Estudo

O principal objetivo deste estudo consistiu no *desenvolvimento de critérios de avaliação e de ações de melhoria local para eco-cidades*, que foi possível atingir através da conceção de um modelo de avaliação multicritério para *eco-cidades*. A partir dos princípios intrínsecos à abordagem MCDA, e seguindo uma base epistemológica construtivista, o modelo de avaliação foi desenvolvido através da combinação de dois métodos distintos – *i.e.*, mapeamento cognitivo e DEMATEL. Até à data, não existem evidências científicas da conjugação destes dois métodos em contexto de avaliação para eco-cidades, tratando-se de um modelo inovador e de elevado interesse.

A concretização do objetivo proposto implicou a divisão da dissertação em duas componentes – *i.e.*, componente teórica e componente empírica. A componente teórica teve como principal intuito efetuar um enquadramento da temática em estudo. Neste sentido, revelou-se essencial abordar a origem do conceito de *eco-cidade*, assim como os conceitos com os quais estabelece relação (*i.e.*, *responsabilidade social* e *ecologia*). A par da definição de *eco-cidade*, que não é consensual na literatura, foi fundamental compreender a importância das eco-cidades para aquilo que integra o futuro da vida na Terra. O entendimento sobre o que constitui uma *eco-cidade* permite [re]pensar os modelos de cidade numa ótica mais ecológica e sustentável, sendo o seu último fim assegurar que o Ser Humano coexiste em perfeita harmonia com a Natureza. Nesta ótica, a conceção da *eco-cidade* revela-se um modelo ótimo de cidade, tendo em vista um desenvolvimento urbano sustentável nos três níveis – *i.e.*, económico, social e ambiental.

Face à pertinência da temática, muitos são os estudos que têm vindo a ser realizados neste âmbito. Porém, subsiste um conjunto de limitações [re]correntes a nível metodológico, algo que requer um esforço coletivo não só para o aperfeiçoamento dos modelos já existentes, mas também para o desenvolvimento de modelos simples, eficazes e intuitivos, que auxiliem de facto a tomada de decisão. Neste contexto, e tendo em conta a complexidade e a multidimensionalidade intrínsecas à avaliação das eco-cidades, manifestou-se a pertinência em adotar uma metodologia ajustada à problemática em estudo, que consistiu na conjugação do mapeamento cognitivo com o método DEMATEL, contribuindo para a simplificação e transparência do processo de decisão no contexto da presente dissertação.

Por conseguinte, a componente empírica teve em vista a definição, estruturação e avaliação do problema, algo que implicou a realização de duas sessões de grupo com um painel de especialistas. Na primeira sessão, a metodologia foi apresentada e deu-se início à fase de estruturação. A sessão decorreu através da aplicação da técnica SODA, que, após a apresentação da *trigger question* e a utilização de *post-its*, permitiu aos especialistas exprimir os seus juízos de valor em torno da problemática e definir o problema. Os resultados obtidos na discussão deram origem a uma estrutura cognitiva coletiva, que foi validada e serviu de base para a fase seguinte. Na segunda sessão de grupo foi introduzido o método DEMATEL, que permitiu analisar as relações de causalidade existentes entre os *clusters*/critérios previamente identificados. O resultado final da sua aplicação deu origem à representação visual das relações de impacto que se estabelecem no conjunto de critérios e que possibilitou a retirada de conclusões pertinentes. No fim, foram formuladas recomendações em função do modelo empírico desenvolvido, tendo sido realizada uma sessão de consolidação com um indivíduo externo ao painel e com autoridade para o efeito.

Uma vez concluído o processo, o modelo empírico e os resultados alcançados foram devidamente validados, salientando-se a sua utilidade no auxílio aos processos de tomada de decisão em contexto de política pública e a nível local. Contudo, esta abordagem não se encontra isenta de limitações. As principais dificuldades sentidas foram as seguintes: (1) dificuldade no processo de constituição do painel de decisores – *i.e.*, em função das normas metodológicas para a realização desta etapa, revelou-se bastante difícil encontrar profissionais disponíveis para colaborar e com vontade de o fazer, fruto do grau de dedicação necessário à sua participação e da especificidade da temática; (2) dificuldade na concretização do processo, que envolveu a interação entre os especialistas e a utilização de *post-its* virtuais na plataforma *online* – *i.e.*, o facto de o processo ter sido realizado *online*, devido à situação de pandemia, fez transparecer não só as dificuldades informáticas gerais e comuns a grande parte da população

portuguesa, mas também as dificuldades específicas na utilização da *plataforma Miro*, visto ter sido um instrumento de suporte novo para os intervenientes; (3) dificuldade na conversão das respostas à *trigger question* em critérios e no desdobramento dos mesmos em *post-its*; (4) dificuldade na finalização das tarefas a realizar na primeira sessão de grupo, dado tratar-se de um processo moroso – pela natureza das tarefas, pelos constrangimentos anteriormente enunciados e pelas restrições relativas ao tempo disponível dos indivíduos; e (5) alguma hesitação no que respeita às ponderações das relações de causalidade nas matrizes.

Face ao exposto, o modelo contém algumas fragilidades, nomeadamente dependência contextual – em função do grupo de participantes. Porém, importa salientar que o resultado do modelo desenvolvido contribui efetivamente para a estruturação e simplificação do processo de avaliação para *eco-cidades*, constituindo uma base que permite auxiliar a identificação dos aspetos prioritários a melhorar e a tomada de ações concretas neste âmbito. De seguida, serão enunciadas as implicações práticas para a gestão de eco-cidades.

5.2. Implicações Práticas para a Gestão de Eco-Cidades

A partir da revisão de literatura efetuada e dos estudos analisados, denota-se o potencial que esta temática possui para a conjuntura da(s) cidade(s) e para futuros processos de tomada de decisão neste âmbito. Porém, não havendo registo de métodos isentos de limitações, abre-se caminho para testar novas abordagens e definir novos métodos.

A presente dissertação propôs a integração do mapeamento cognitivo com o método DEMATEL, conferindo objetividade e subjetividade ao processo de resolução do problema. Através da combinação destas técnicas multicritério, foi possível obter uma visão holística do problema e identificar muitos dos critérios de avaliação que importa considerar neste contexto. Além disso, constitui um método apto para lidar com a interdependência entre critérios, pois permitiu a identificação e a ponderação das relações de causalidade existentes, resultando na representação visual das relações de impacto. A realização da sessão de consolidação espelhou a sua utilidade para aferir os critérios de impacto presentes na estrutura global marcada pela multidimensionalidade e complexidade do tema. Como tal, o modelo foi caracterizado como algo inovador e com potencial para vir a tornar-se um instrumento de política pública, aplicável a nível local (*e.g.*, junta de freguesia e/ou câmara municipal). Fruto do seu caráter construtivista, o modelo pode ser adaptado, atualizado e/ou corrigido sempre que se justifique.

Importa ainda salientar que o principal contributo deste estudo não se prende com o obtenção de uma solução ótima. Por estar assente na abordagem MCDA, o seu foco é a discussão e a aprendizagem pela participação. Neste sentido, pretendemos apenas aprimorar o entendimento da problemática e encontrar um leque mais alargado de soluções viáveis. Nesse sentido, segue-se a apresentação de pistas para futura investigação.

5.3. Pistas para Futura Investigação

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a combinação do mapeamento cognitivo com o método DEMATEL traz benefícios para a avaliação das *eco-cidades*. A par disso, torna-se cada vez mais evidente o contributo da utilização de técnicas multicritério, para a estruturação, simplificação e transparência na resolução de problemas complexos. Não obstante, nenhum método está isento de limitações, pelo que se efetuam as seguintes sugestões de investigação futura: (1) replicar este estudo com um painel mais diverso, que abarque todas as dimensões de uma eco-cidade e com especialistas de topo, no sentido de permitir a conceção de um modelo transversal a todas as cidades; (2) replicar os processos seguidos num caso concreto (*e.g.*, região, distrito ou município); (3) testar outras técnicas multicritério (*e.g.*, AHP/ANP, BWM, TODIM ou TOPSIS), com o objetivo de averiguar qual a melhor combinação de métodos para o contexto das eco-cidades; (4) realizar estudos comparativos em localizações geográficas diferentes (*e.g.*, entre os municípios de um distrito); e (5) desenvolver um *software* que suporte o processo e revele os resultados de modo intuitivo, acelerando o processo de análise dos resultados e posterior tomada de decisão. Por fim, qualquer contributo realizado com o objetivo de fomentar a investigação e o entendimento do desenvolvimento de eco-cidades será considerado uma mais-valia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackermann, F. & Eden, C. (2010). Strategic options development and analysis. In Reynolds, M. & Holwell, S. (Eds.), *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide* (pp. 135–190). London: Springer.
- Adunlin, G., Diaby, V. & Xiao, H. (2015). Application of multicriteria decision analysis in health care: A systematic review and bibliometric analysis. *Health Expectations*, 18(6), 1894–1905.
- Ahvenniemi, H. & Huovila, A. (2020). How do cities promote urban sustainability and smartness? An evaluation of the city strategies of six largest Finnish cities. *Environment, Development and Sustainability*, DOI: 10.1007/s10668-020-00765-3.
- Aires, R. & Ferreira, L. (2018). The rank reversal problem in multi-criteria decision making: A literature review. *Pesquisa Operacional*, 38(2), 331–362.
- Bai, X., Surveyer, A., Elmqvist, T., Gatzweiler, F., Güneralp, B., Parnell, S., Prieur-Richard, A., Shrivastava, P., Siri, J., Stafford-Smith, M., Toussaint, J. & Webb, R. (2016). Defining and advancing a systems approach for sustainable cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 23, 69–78.
- Balog, A., Bajenaru, L., Cristescu, I. & Tomescu, M. (2019). Evaluating influential factors in WHOQOL-Brief instrument using the DEMATEL method. *E-Health and Bioengineering Conference*, DOI: 10.1109/EHB47216.2019.8970012.
- Bana e Costa, C. & Beinat, E. (2005). *Model-Structuring in Public Decision-Aiding*. Great Britain: London School of Economics and Political Science.
- Barbanente, A. & Khakee, A. (2003). Influencing ideas and inspirations: Scenarios as an instrument in evaluation. *Foresight*, 5(5), 3–15.
- Bayulken, B. & Huisingh, D. (2015). A literature review of historical trends and emerging theoretical approaches for developing sustainable cities. *Journal of Cleaner Production*, 109, 11–24.
- Belton, V. & Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Bibri, S. & Krogstie, J. (2019a). Generating a vision for smart sustainable cities of the future: A scholarly backcasting approach. *European Journal of Futures Research*, 7(5), 1–20.
- Bibri, S. & Krogstie, J. (2019b). Towards a novel model for smart sustainable city planning and development: A scholarly backcasting approach. *Journal of Futures Studies*, 24(1), 45–62.
- Bottero, M., Caprioli, C., Cotella, G. & Santangelo, M. (2019). Sustainable cities: A reflection on potentialities and limits based on existing eco-districts in Europe. *Sustainability*, 11(20), 1–22.
- Bourne, M., Neely, A., Mills, J. & Platts, K. (2003). Implementing performance measurement systems: A literature review. *International Journal of Business Performance Management*, 5(1), 1–24.
- Bradshaw, G. & Bekoff, M. (2001). Ecology and social responsibility: The re-embodiment of science. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(8), 460–465.
- Brilius, P. (2010). Economic crisis and smes sustainability policies: Application of emotional well-being function for analysis. *Journal of Advanced Research in Management*, 1(1), 18–29.
- Brito, V., Ferreira, F., Pérez-Gladish, B., Govindan, K. & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2019). Developing a green city assessment system using cognitive maps and the Choquet integral. *Journal of Cleaner Production*, 218, 486–497.

- Carroll, A. (1991). The pyramid of corporate social responsibility: Toward the moral management of organizational stakeholders. *Business Horizons*, 34(4), 39–48.
- Chan, C. (2017). The application of fuzzy sets theory in eco-city classification. *Place Branding and Public Diplomacy*, 13, 4–17.
- Chaney, D. (2010). Analyzing mental representations: The contribution of cognitive maps. *Recherche et Applications en Marketing*, 25(2), 93–115.
- Chauvy, R., Lepore, R., Fortemps, P. & De Weireld, G. (2020). Comparison of multi-criteria decision-analysis methods for selecting carbon dioxide utilization products. *Sustainable Production and Consumption*, 24, 194–210.
- Cinelli, M., Kadziński, M., Gonzalez, M. & Słowiński, R. (2020). How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy. *Omega – The International Journal of Management Science*, 96, 1–22.
- Comissão das Comunidades Europeias (2001). *Livro Verde: Promover um Quadro Europeu para a Responsabilidade Social das Empresas*. Bruxelas: Comissão Europeia.
- Damart, S. (2010). A cognitive mapping approach to organizing the participation of multiple actors in a problem structuring process. *Group Decision and Negotiation*, 19, 505–526.
- Davis, K. (1973). The case for and against business assumption of social responsibilities. *Academy of Management Journal*, 16(2), 312–322.
- Dobrovolskienė, N., Tamošiūnienė, R., Banaitis, A., Ferreira, F., Banaitienė, N., Taujanskaitė, K. & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2019). Developing a composite sustainability index for real estate projects using multiple criteria decision making. *Operational Research*, 19, 617–635.
- Dong, H., Fujita, T., Geng, Y., Dong, L., Ohnishi, S., Sun, L., Dou, Y. & Fujii, M. (2016). A review on eco-city evaluation methods and highlights for integration. *Ecological Indicators*, 60, 1184–1191.
- Eden, C. (2004). Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, 159(3), 673–686.
- Eden, C. & Ackerman, F. (2004). Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 615–630.
- Faria, P., Ferreira, F., Jalali, M., Bento, P. & António, N. (2018). Combining cognitive mapping and MCDA for improving quality of life in urban areas. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 78, 116–127.
- Farooque, M., Zhang, A. & Liu, Y. (2019). Barriers to circular food supply chains in China. *Supply Chain Management*, 24(5), 677–696.
- 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. (2016). Are you pleased with your neighborhood? A fuzzy cognitive mapping-based approach for measuring residential neighborhood satisfaction in urban communities. *International Journal of Strategic Property Management*, 20(2), 130–141.
- Ferreira, F., Ilander, G. & Ferreira, J. (2019). MCDM/A in practice: Methodological developments and real-world applications. *Management Decision*, 57(2), 295–299.
- Ferreira, F., Jalali, M. & Ferreira, J. (2016). 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., Marques, C., Bento, P., Ferreira, J. & Jalali, M. (2015). Operationalizing and measuring individual entrepreneurial orientation using cognitive mapping and MCDA techniques. *Journal of Business Research*, 68(12), 2691–2702.

- Fifka, M. (2009). Towards a more business-oriented definition of corporate social responsibility: Discussing the core controversies of a well-established concept. *Journal of Service Science and Management*, 2(4), 312–321.
- Gabus, A. & Fontela, E. (1972). *World Problems: An Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL*. Geneva: Battelle Geneva Research Centre.
- Girard, L. (2011). Multidimensional evaluation processes to manage creative, resilient and sustainable city. *Aestimum*, 59, 123–139.
- Global Commission on Adaptation (2019). *Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience*. Disponível online em <https://gca.org/global-commission-on-adaptation/report> [outubro 2020].
- Griffiths, S. & Sovacool, B. (2020). Rethinking the future low-carbon city: Carbon neutrality, green design, and sustainability tensions in the making of Masdar city. *Energy Research & Social Science*, 62, 1–9.
- Güell, J. & López, J. (2016). Cities futures: A critical assessment of how future studies are applied to cities. *Foresight*, 18(5), 454–468.
- Hai, R., Shi, H., Zhang, B., Zhai, Y., Li, Y. & Wang, W. (2015). An ecological information analysis-based approach for assessing the sustainability of water use systems: A case study of the Huaihe River Basin, China. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(8), 2197–2211.
- Höffken, J. & Limmer, A. (2019). Smart and eco-cities in India and China. *Local Environment*, 24(7), 646–661.
- Hu, M., Wadin, J., Lo, H. & Huang, J. (2016). Transformation toward an eco-city: Lessons from three Asian cities. *Journal of Cleaner Production*, 123, 77–87.
- Kandakoglu, A., Frini, A. & Amor, S. (2019). Multicriteria decision making for sustainable development: A systematic review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 26, 202–251.
- Kobryń, A. (2017). DEMATEL as a weighting method in multi-criteria decision analysis. *Multi-Criteria Decision Making*, 12, 153–167.
- Koca, G. & Mathiyazhagan, K. (2020). An assessment of the barriers to social dimension of sscm practice implementation using fuzzy DEMATEL approach: A case from Turkey. *Ege Akademik Bakis*, 20(2), 75–89.
- Lin, C., Chen, S. & Tzeng, G. (2009). Constructing a cognition map of alternative fuel vehicles using the DEMATEL method. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 16, 5–19.
- Liu, L. (2018). A sustainability index with attention to environmental justice for eco-city classification and assessment. *Ecological Indicators*, 85, 904–914.
- Ma, H. & Shi, L. (2016). Assessment of eco-environmental quality of western Taiwan straits economic zone. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 1–12.
- Mardani, A., Zavadskas, E., Khalifah, Z., Zakuan, N., Jusoh, A., Nor, K. & Khoshnoudi, M. (2017). A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 216–256.
- Marques, D. (2010). *Indicadores de Eco-eficiência para Zonas Urbanas segundo o Sistema Lidera*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- McDonald, R. (2016). Urban ecology for the urban century. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(7), 1–2.
- McGrath, B. (2018). Intersecting disciplinary frameworks: The architecture and ecology of the city. *Ecosystem Health and Sustainability*, 4(6), 148–159.

- McPhearson, T., Pickett, S., Grimm, N., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., Weber, C., Haase, D., Breuste, J. & Qureshi, S. (2016). Advancing urban ecology toward a science of cities. *BioScience*, 66(3), 198–212.
- Mo, H. & Deng, Y. (2019). An evaluation for sustainable mobility extended by D numbers. *Technological and Economic Development of Economy*, 25(5), 802–819.
- Mottaeva, A., Kalinina, N., Kuzmina, A., Olenina, O. & Glashev, A. (2019). Ecological aspects of modern city-planning. *E3S Web of Conferences*, 91, 1–6.
- Neely, A., Gregory, M. & Platts, K. (1995). Performance measurement system design: A literature review and research agenda. *International Journal of Operations and Production Management*, 15(4), 80–116.
- Pérez-Gladish, B., Ferreira, F. & Zopounidis, C. (2020). MCDM/A studies for economic development, social cohesion and environmental sustainability: Introduction. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, DOI: 10.1080/13504509.2020.1821257.
- Pickett, S., Cadenasso, M., Childers, D., McDonnell, M. & Zhou, W. (2016). Evolution and future of urban ecological science: Ecology in, of, and for the city. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(7), 1–16.
- Pohekar, S. & Ramachandran, M. (2004). Application of multicriteria decision making to sustainable energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 365–381.
- Przywojska, J. & Krzykacz, A. (2020). A comprehensive approach: Inclusive, smart and green urban development. *Problems of Sustainable Development*, 15(1), 149–160.
- Qi, R., Li, S., Qu, L., Sun, L. & Gong, C. (2020). Critical factors to green mining construction in china: A two-step fuzzy DEMATEL analysis of state-owned coal mining enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 273, 1–14.
- Randeree, K. & Ahmed, N. (2019). The social imperative in sustainable urban development: The case of Masdar city in the United Arab Emirates. *Smart and Sustainable Built Environment*, 8(2), 138–149.
- Reis, I., Ferreira, F., Meidutė-Kavaliauskienė, I., Govindan, K., Fang, W. & Falcão, P. (2019). An evaluation thermometer for assessing city sustainability and livability. *Sustainable Cities and Society*, 47, 1–11.
- Rodrigues, T., Montibeller, G., Oliveira, M., & Bana e Costa, C. (2017). Modelling multicriteria value interactions with reasoning maps. *European Journal of Operational Research*, 258, 1054–1071.
- Roseland, M. (1997). Dimensions of the eco-city. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 14(4), 197–202.
- Rudskaya, E., Eremenko, I. & Yuryeva, V. (2019). Eco-cities in the paradigm of a circular economy and a comprehensive Internet. *IOP Conference Series: Materials Science Engineering*, 698(7), 1–6.
- Shaker, R. (2018). A mega-index for the Americas and its underlying sustainable development correlations. *Ecological Indicators*, 89, 466–479.
- Si, S., You, X., Liu, H. & Zhang, P. (2018). DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, DOI:10.1155/2018/3696457.
- Stanvliet, R. & Parnell, S. (2006). The contribution of the UNESCO biosphere reserve concept to urban resilience. *Management of Environmental Quality*, 17(4), 437–449.
- Stoltz, D., Shafqat, O., Arias, J. & Lundqvist, P. (2014). On holistic planning in ecocity development: Today and in the past. *Energy Procedia*, 61, 2192–2195.

- Sun, J., Wang, J., Wang, T. & Zhang, T. (2019). Urbanization, economic growth, and environmental pollution: Partial differential analysis based on the spatial Durbin model. *Management of Environmental Quality*, 30(2), 483–494.
- Surjan, A. & Shaw, R. (2008). Eco-city to disaster-resilient eco-community: A concerted approach in the coastal city of Puri, India. *Sustainability Science*, 3, 249–265.
- Suzuki, H., Dastur, A., Moffatt, S., Yabuki, N. & Maruyama, H. (2010). *Eco2 Cities: Ecological Cities as Economic Cities*. Washington, DC: World Bank.
- Tseng, M. (2009). Application of ANP and DEMATEL to evaluate the decision-making of municipal solid waste management in metro Manila. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156, 181–97.
- Tseng, M., Chang, C., Lin, C., Wu, K., Chen, Q., Xia, L. & Xue, B. (2020). Future trends and guidance for the triple bottom line and sustainability: A data driven bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research International*, 27(27), 33543–33567.
- Tsolakis, N. & Anthopoulos, L. (2015). Eco-cities: An integrated system dynamics framework and a concise research taxonomy. *Sustainable Cities and Society*, 17, 1–14.
- Tzeng, G., Chen, W., Yu, R. & Shih, M. (2010). Fuzzy decision maps: A generalization of the DEMATEL methods. *Soft Computing*, 14(11), 1141–1150.
- UN – United Nations (2012). *Low Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific: Turning Resource Constraints and the Climate Crisis into Economic Growth Opportunities*. Disponível online em <https://www.unescap.org/sites/default/files/Full-report.pdf> [outubro 2020].
- UN – United Nations (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Disponível online em <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf> [setembro 2020].
- UN – United Nations (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights*. Disponível online em https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf [setembro 2020].
- UN – United Nations (2020). *The Sustainable Development Goals Report*. Disponível online em <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf> [setembro 2020].
- Van, S., Cheremisin, A., Glinushkin, A., Krasnoshchekov, V., Davydov, R. & Yushkova, V. (2019). Application of new architectural and planning solutions to create an ecological city (on the example of Shanghai, China). *E3S Web of Conferences*, 140, 1–7.
- Vassalo, V. & Farinha, J. (2010). *Cr terios de Avaliação para áreas Urbanas Sustent veis*. Pluris: Universidade do Minho.
- Wang, F. & Wang, K. (2017). Assessing the effect of eco-city practices on urban sustainability using an extended ecological footprint model: A case study in Xi'an, China. *Sustainability*, 9(9), 1–16.
- Wang, J., Jing, Y., Zhang, C. & Zhao, J. (2009). Review on multicriteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2263–2278.
- Wang, Y., Ding, Q. & Zhuang, D. (2015). An eco-city evaluation method based on spatial analysis technology: A case study of Jiangsu province, China. *Ecological Indicators*, 58, 37–46.
- Winterhalder, B. (1994). Concepts in historical ecology: The view from evolutionary ecology. In Crumley, C. (Eds.) *Historical Ecology: Cultural Knowledge and Changing Landscapes* (pp.18–41). Santa F , New Mexico: School of American Research.
- Wood, M., Bostrom, A., Bridges, T. & Linkov, I. (2012). Cognitive mapping tools: Review and risk management needs. *Risk Analysis*, 32(8), 1333–1348.

- Wu, Y., Swain, R., Jiang, N., Qiao, M., Wang, H., Bai, J., Zhou, X., Sun, X., Xu, J., Xu, M., Hu, C., Xing, Y. & Wu, J. (2020). Design with nature and eco-city design. *Ecosystem Health and Sustainability*, 6(1), 1–10.
- WWF – World Wide Fund for Nature (2020). *Living Planet Report 2020: Bending the Curve of Biodiversity Loss*. Disponível online em <https://www.zsl.org/sites/default/files/LPR%202020%20Full%20report.pdf> [outubro 2020].
- Yadegaridehkordi, E., Hourmand, M., Nilashi, M., Alsolami, E., Samad, S., Mahmoud, M., Alarood, A., Zainol, A., Majeed, H. & Shuib, L. (2020). Assessment of sustainability indicators for green building manufacturing using fuzzy multi-criteria decision-making approach. *Journal of Cleaner Production*, 277, 1–13.
- Yao, P. & Tan, F. (2019). Urban planning and design based on the concept of ecological city. *IOP Conference Series: Materials Science Engineering*, 612(5), 1–7.
- Yazdi, M., Khan, F., Abbassi, R. & Rusli, R. (2020). Improved DEMATEL methodology for effective safety management decision-making. *Safety Science*, 127, 1–17.
- Yedla, S. & Park, H. (2017). Eco-industrial networking for sustainable development: Review of issues and development strategies. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19, 391–402.
- Yu, L. (2014). Low carbon eco-city: New approach for Chinese urbanisation. *Habitat International*, 44, 102–110.
- Zavadskas, E. & Turskis, Z. (2011). Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: An overview. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 397–427.
- Zavadskas, E., Turskis, Z. & Kildienė, S. (2014). State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(1), 165–179.
- Zhang, Y., Fan, J., Chen, S., Li, T. & Yu, Z. (2019). A quantitative evaluation on ecological city construction level of urban agglomeration in the middle reaches of Yangtze river. *Journal of Coastal Research*, 98, 300–305.
- Zhao, L. & Li, C. (2020). Research on the effectiveness and operability of urban and rural planning implementation evaluation based on ecological environment. *IOP Conference Series: Materials Science Engineering*, 740, 1–10.
- Zhou, N., He, G., Williams, C. & Fridley, D. (2015). Elite cities: A low-carbon eco-city evaluation tool for China. *Ecological Indicators*, 48, 448–456.

APÊNDICE
APLICAÇÃO DA TÉCNICA DEMATEL

APÊNDICE I

Resultados do *Cluster 1* – Infraestrutura

Critérios Escolhidos	
SC12	Corredores Verdes e Ecológicos
SC19	Tratamento e Reciclagem de Resíduos
SC68	Abastecimento Sustentável das Cidades
SC71	Edificado Eficiente
SC89	Integração de Opções de Planeamento nos IGTs
SC127	Rede de Transportes Públicos
SC134	Integração Contínua da Malha Urbana

Tabela 11: Critérios Escolhidos dentro do *Cluster 1*

	SC12	SC19	SC68	SC71	SC89	SC127	SC134	SUM
SC12	0.0	0.0	2.0	3.0	4.0	2.0	4.0	15.0
SC19	2.0	0.0	2.5	3.0	3.0	1.0	1.5	13.0
SC68	2.0	2.0	0.0	1.0	3.0	4.0	2.0	14.0
SC71	0.5	3.0	3.5	0.0	1.0	0.5	3.0	11.5
SC89	4.0	4.0	4.0	3.0	0.0	4.0	4.0	23.0
SC127	1.0	0.0	3.0	0.0	3.5	0.0	4.0	11.5
SC134	4.0	3.0	3.0	1.0	4.0	4.0	0.0	19.0
SUM	13.5	12.0	18.0	11.0	18.5	15.5	18.5	

Tabela 12: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do *Cluster 1*

Max	18.5	23.0
1/max	0.0541	0.0435
1/s	0.0435	

Tabela 13: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do *Cluster 1*

	SC12	SC19	SC68	SC71	SC89	SC127	SC134
SC12	0.0000	0.0000	0.0870	0.1304	0.1739	0.0870	0.1739
SC19	0.0870	0.0000	0.1087	0.1304	0.1304	0.0435	0.0652
SC68	0.0870	0.0870	0.0000	0.0435	0.1304	0.1739	0.0870
SC71	0.0217	0.1304	0.1522	0.0000	0.0435	0.0217	0.1304
SC89	0.1739	0.1739	0.1739	0.1304	0.0000	0.1739	0.1739
SC127	0.0435	0.0000	0.1304	0.0000	0.1522	0.0000	0.1739
SC134	0.1739	0.1304	0.1304	0.0435	0.1739	0.1739	0.0000

Tabela 14: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do *Cluster 1*

	SC12	SC19	SC68	SC71	SC89	SC127	SC134
SC12	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC19	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC68	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC71	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC89	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Tabela 15: Matriz Identidade (Matriz I) do Cluster 1

	SC12	SC19	SC68	SC71	SC89	SC127	SC134
SC12	1.0000	0.0000	-0.0870	-0.1304	-0.1739	-0.0870	-0.1739
SC19	-0.0870	1.0000	-0.1087	-0.1304	-0.1304	-0.0435	-0.0652
SC68	-0.0870	-0.0870	1.0000	-0.0435	-0.1304	-0.1739	-0.0870
SC71	-0.0217	-0.1304	-0.1522	1.0000	-0.0435	-0.0217	-0.1304
SC89	-0.1739	-0.1739	-0.1739	-0.1304	1.0000	-0.1739	-0.1739
SC127	-0.0435	0.0000	-0.1304	0.0000	-0.1522	1.0000	-0.1739
SC134	-0.1739	-0.1304	-0.1304	-0.0435	-0.1739	-0.1739	1.0000

Tabela 16: Matriz I-X do Cluster 1

	SC12	SC19	SC68	SC71	SC89	SC127	SC134
SC12	1.2087	0.1895	0.3338	0.2685	0.4109	0.3207	0.4139
SC19	0.2480	1.1528	0.3090	0.2510	0.3287	0.2361	0.2762
SC68	0.2634	0.2328	1.2261	0.1780	0.3547	0.3668	0.3163
SC71	0.1741	0.2517	0.3166	1.1126	0.2340	0.1972	0.2943
SC89	0.4295	0.3889	0.4943	0.3281	1.3639	0.4724	0.5052
SC127	0.2214	0.1532	0.3216	0.1248	0.3533	1.2094	0.3645
SC134	0.3977	0.3189	0.4140	0.2298	0.4694	0.4355	1.3133

Tabela 17: Matriz Inversa (Matriz I-X⁻¹) do Cluster 1

	SC12	SC19	SC68	SC71	SC89	SC127	SC134	R
SC12	0.2087	0.1895	0.3338	0.2685	0.4109	0.3207	0.4139	2.1460
SC19	0.2480	0.1528	0.3090	0.2510	0.3287	0.2361	0.2762	1.8018
SC68	0.2634	0.2328	0.2261	0.1780	0.3547	0.3668	0.3163	1.9380
SC71	0.1741	0.2517	0.3166	0.1126	0.2340	0.1972	0.2943	1.5806
SC89	0.4295	0.3889	0.4943	0.3281	0.3639	0.4724	0.5052	2.9823
SC127	0.2214	0.1532	0.3216	0.1248	0.3533	0.2094	0.3645	1.7484
SC134	0.3977	0.3189	0.4140	0.2298	0.4694	0.4355	0.3133	2.5785
C	1.9428	1.6878	2.4154	1.4929	2.5149	2.2381	2.4837	

Tabela 18: Matriz de Influência Total (Matriz T) do Cluster 1

	R	C	R+C	R-C
SC12	2.1460	1.9428	4.0888	0.2032
SC19	1.8018	1.6878	3.4896	0.1140
SC68	1.9380	2.4154	4.3534	-0.4775
SC71	1.5806	1.4929	3.0734	0.0877
SC89	2.9823	2.5149	5.4971	0.4674
SC127	1.7484	2.2381	3.9864	-0.4897
SC134	2.5785	2.4837	5.0622	0.0949

Tabela 19: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL do *Cluster 1*

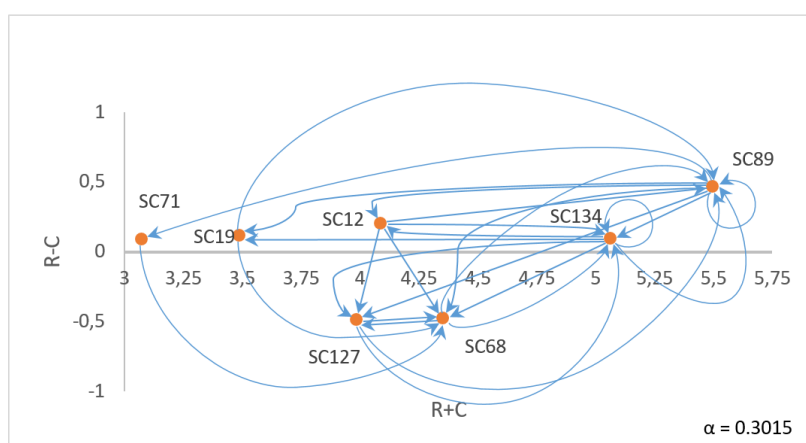


Figura 11: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do *Cluster 1*

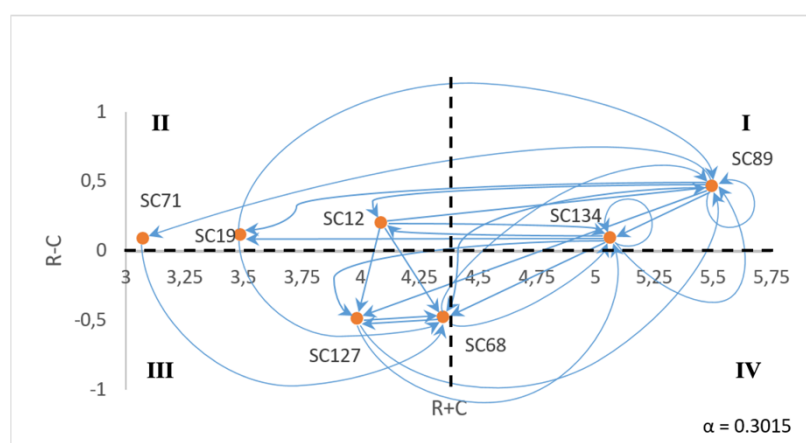


Figura 12: Diagrama DEMATEL do *Cluster 1* Dividido por Quadrantes

APÊNDICE II

Resultados do *Cluster 2* – Mobilidade

Critérios Escolhidos	
SC58	Eficiência dos Transportes Públicos
SC60	Mobilidade Sustentável
SC107	Acessibilidade sem Barreiras
SC123	Desenho Urbano
SC127	Rede de Transportes Públicos

Tabela 20: Critérios Escolhidos dentro do *Cluster 2*

	SC58	SC60	SC107	SC123	SC127	SUM
SC58	0.0	4.0	4.0	2.0	4.0	14.0
SC60	4.0	0.0	3.0	4.0	4.0	15.0
SC107	4.0	3.0	0.0	4.0	4.0	15.0
SC123	4.0	4.0	4.0	0.0	3.5	15.5
SC127	4.0	4.0	3.0	2.0	0.0	13.0
SUM	16.0	15.0	14.0	12.0	15.5	

Tabela 21: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do *Cluster 2*

Max	16.0	15.5
1/max	0.0625	0.0645
1/s	0.0625	

Tabela 22: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do *Cluster 2*

	SC58	SC60	SC107	SC123	SC127
SC58	0.0000	0.2500	0.2500	0.1250	0.2500
SC60	0.2500	0.0000	0.1875	0.2500	0.2500
SC107	0.2500	0.1875	0.0000	0.2500	0.2500
SC123	0.2500	0.2500	0.2500	0.0000	0.2188
SC127	0.2500	0.2500	0.1875	0.1250	0.0000

Tabela 23: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do *Cluster 2*

	SC58	SC60	SC107	SC123	SC127
SC58	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC60	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC107	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC123	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Tabela 24: Matriz Identidade (Matriz I) do Cluster 2

	SC58	SC60	SC107	SC123	SC127
SC58	1.0000	-0.2500	-0.2500	-0.1250	-0.2500
SC60	-0.2500	1.0000	-0.1875	-0.2500	-0.2500
SC107	-0.2500	-0.1875	1.0000	-0.2500	-0.2500
SC123	-0.2500	-0.2500	-0.2500	1.0000	-0.2188
SC127	-0.2500	-0.2500	-0.1875	-0.1250	1.0000

Tabela 25: Matriz I-X do Cluster 2

	SC58	SC60	SC107	SC123	SC127
SC58	2.8050	1.9145	1.8110	1.5279	1.9668
SC60	2.1167	2.8231	1.8718	1.6976	2.0743
SC107	2.1167	1.9810	2.7139	1.6976	2.0743
SC123	2.1751	2.0768	1.9657	2.5464	2.1114
SC127	1.8992	1.8154	1.6753	1.4430	2.6631

Tabela 26: Matriz Inversa (Matriz I-X⁻¹) do Cluster 2

	SC58	SC60	SC107	SC123	SC127	R
SC58	1.8050	1.9145	1.8110	1.5279	1.9668	9.0252
SC60	2.1167	1.8231	1.8718	1.6976	2.0743	9.5836
SC107	2.1167	1.9810	1.7139	1.6976	2.0743	9.5836
SC123	2.1751	2.0768	1.9657	1.5464	2.1114	9.8753
SC127	1.8992	1.8154	1.6753	1.4430	1.6631	8.4960
C	10.1127	9.6108	9.0377	7.9125	9.8899	

Tabela 27: Matriz de Influência Total (Matriz T) do Cluster 2

	R	C	R+C	R-C
SC58	9.0252	10.1127	19.1379	-1.0875
SC60	9.5836	9.6108	19.1944	-0.0273
SC107	9.5836	9.0377	18.6212	0.5459
SC123	9.8753	7.9125	17.7878	1.9629
SC127	8.4960	9.8899	18.3859	-1.3939

Tabela 28: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL do *Cluster 2*

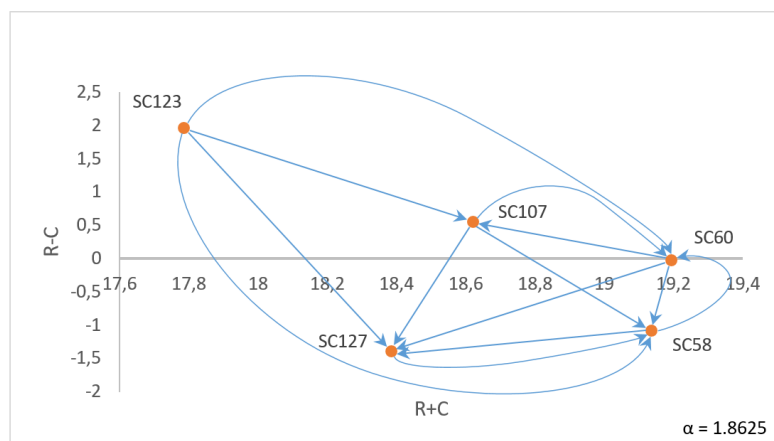


Figura 13: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do *Cluster 2*

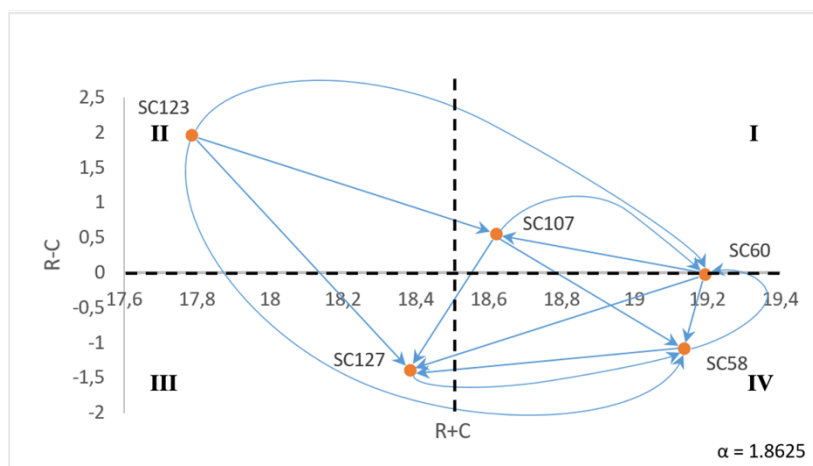


Figura 14: Diagrama DEMATEL do *Cluster 2* Dividido por Quadrantes

APÊNDICE III

Resultados do *Cluster 3* – Padrões de Consumo Sustentável

Critérios Escolhidos	
SC25	Agricultura Local
SC52	Uso Eficiente dos Recursos
SC68	Abastecimento Sustentável das Cidades
SC78	Investimento em Energias Renováveis
SC80	Sensibilização e Educação da População

Tabela 29: Critérios Escolhidos dentro do *Cluster 3*

	SC25	SC52	SC68	SC78	SC80	SUM
SC25	0.0	3.0	4.0	0.5	4.0	11.5
SC52	4.0	0.0	4.0	4.0	2.0	14.0
SC68	3.0	4.0	0.0	4.0	1.0	12.0
SC78	1.0	4.0	4.0	0.0	2.0	11.0
SC80	4.0	4.0	4.0	4.0	0.0	16.0
SUM	12.0	15.0	16.0	12.5	9.0	

Tabela 30: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do *Cluster 3*

Max	16.0	16.0
1/max	0.0625	0.0625
1/s	0.0625	

Tabela 31: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do *Cluster 3*

	SC25	SC52	SC68	SC78	SC80
SC25	0.0000	0.1875	0.2500	0.0313	0.2500
SC52	0.2500	0.0000	0.2500	0.2500	0.1250
SC68	0.1875	0.2500	0.0000	0.2500	0.0625
SC78	0.0625	0.2500	0.2500	0.0000	0.1250
SC80	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.0000

Tabela 32: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do *Cluster 3*

	SC25	SC52	SC68	SC78	SC80
SC25	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC52	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC68	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC78	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Tabela 33: Matriz Identidade (Matriz I) do Cluster 3

	SC25	SC52	SC68	SC78	SC80
SC25	1.0000	-0.1875	-0.2500	-0.0313	-0.2500
SC52	-0.2500	1.0000	-0.2500	-0.2500	-0.1250
SC68	-0.1875	-0.2500	1.0000	-0.2500	-0.0625
SC78	-0.0625	-0.2500	-0.2500	1.0000	-0.1250
SC80	-0.2500	-0.2500	-0.2500	-0.2500	1.0000

Tabela 34: Matriz I-X do Cluster 3

	SC25	SC52	SC68	SC78	SC80
SC25	1.5963	0.8632	0.9430	0.6636	0.6489
SC52	0.8514	1.7937	1.0363	0.8873	0.6127
SC68	0.7242	0.8953	1.7315	0.8048	0.5018
SC78	0.6119	0.8642	0.8948	1.5877	0.5154
SC80	0.9460	1.1041	1.1514	0.9859	1.5697

Tabela 35: Matriz Inversa (Matriz I-X⁻¹) do Cluster 3

	SC25	SC52	SC68	SC78	SC80	R
SC25	0.5963	0.8632	0.9430	0.6636	0.6489	3.7150
SC52	0.8514	0.7937	1.0363	0.8873	0.6127	4.1813
SC68	0.7242	0.8953	0.7315	0.8048	0.5018	3.6577
SC78	0.6119	0.8642	0.8948	0.5877	0.5154	3.4741
SC80	0.9460	1.1041	1.1514	0.9859	0.5697	4.7570
C	3.7298	4.5206	4.7570	3.9293	2.8485	

Tabela 36: Matriz de Influência Total (Matriz T) do Cluster 3

	R	C	R+C	R-C
SC25	3.7150	3.7298	7.4448	-0.0148
SC52	4.1813	4.5206	8.7019	-0.3392
SC68	3.6577	4.7570	8.4148	-1.0993
SC78	3.4741	3.9293	7.4034	-0.4552
SC80	4.7570	2.8485	7.6055	1.9085

Tabela 37: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL do *Cluster 3*

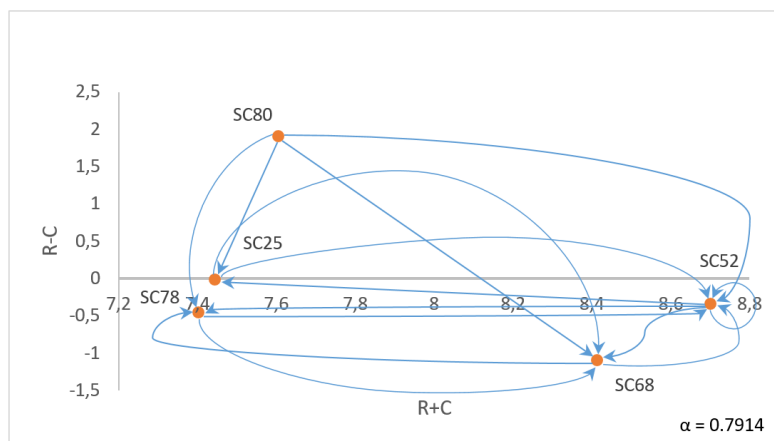


Figura 15: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do *Cluster 3*

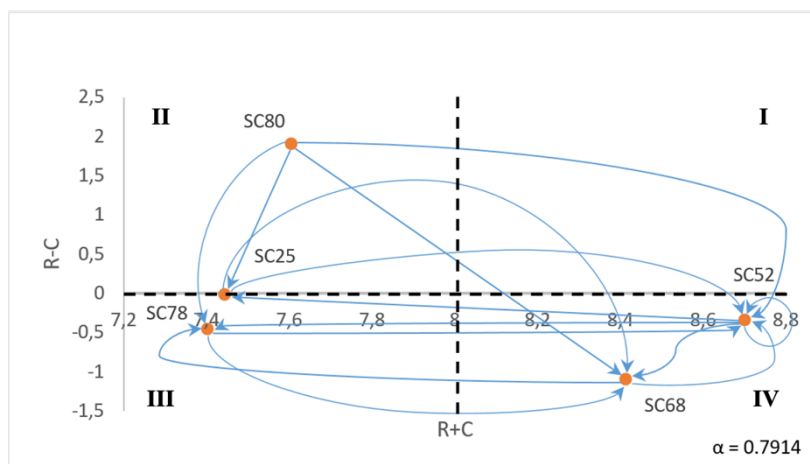


Figura 16: Diagrama DEMATEL do *Cluster 3* Dividido por Quadrantes

APÊNDICE IV

Resultados do *Cluster 4* – Ecologia Integrada

Critérios Escolhidos	
SC8	Utilização de Águas Tratadas
SC9	Análise dos Problemas Ambientais
SC12	Corredores Verdes e Ecológicos
SC26	Espaços Verdes
SC32	Serviços dos Ecossistemas

Tabela 38: Critérios Escolhidos dentro do *Cluster 4*

	SC8	SC9	SC12	SC26	SC32	SUM
SC8	0.0	2.0	2.0	4.0	3.0	11.0
SC9	4.0	0.0	4.0	4.0	4.0	16.0
SC12	2.0	1.0	0.0	4.0	4.0	11.0
SC26	3.0	1.0	4.0	0.0	4.0	12.0
SC32	2.5	3.0	4.0	4.0	0.0	13.5
SUM	11.5	7.0	14.0	16.0	15.0	

Tabela 39: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do *Cluster 4*

Max	16.0	16.0
1/max	0.0625	0.0625
1/s	0.0625	

Tabela 40: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do *Cluster 4*

	SC8	SC9	SC12	SC26	SC32
SC8	0.0000	0.1250	0.1250	0.2500	0.1875
SC9	0.2500	0.0000	0.2500	0.2500	0.2500
SC12	0.1250	0.0625	0.0000	0.2500	0.2500
SC26	0.1875	0.0625	0.2500	0.0000	0.2500
SC32	0.1563	0.1875	0.2500	0.2500	0.0000

Tabela 41: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do *Cluster 4*

	SC8	SC9	SC12	SC26	SC32
SC8	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC9	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC12	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC26	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC32	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Tabela 42: Matriz Identidade (Matriz I) do Cluster 4

	SC8	SC9	SC12	SC26	SC32
SC8	1.0000	-0.1250	-0.1250	-0.2500	-0.1875
SC9	-0.2500	1.0000	-0.2500	-0.2500	-0.2500
SC12	-0.1250	-0.0625	1.0000	-0.2500	-0.2500
SC26	-0.1875	-0.0625	-0.2500	1.0000	-0.2500
SC32	-0.1563	-0.1875	-0.2500	-0.2500	1.0000

Tabela 43: Matriz I-X do Cluster 4

	SC8	SC9	SC12	SC26	SC32
SC8	1.4661	0.4208	0.6869	0.8335	0.7602
SC9	0.8417	1.4268	0.9869	1.0711	1.0290
SC12	0.5688	0.3707	1.5702	0.8271	0.7986
SC26	0.6421	0.3917	0.8045	1.6688	0.8367
SC32	0.6896	0.5239	0.8861	0.9550	1.7205

Tabela 44: Matriz Inversa (Matriz I-X⁻¹) do Cluster 4

	SC8	SC9	SC12	SC26	SC32	R
SC8	0.4661	0.4208	0.6869	0.8335	0.7602	3.1677
SC9	0.8417	0.4268	0.9869	1.0711	1.0290	4.3555
SC12	0.5688	0.3707	0.5702	0.8271	0.7986	3.1354
SC26	0.6421	0.3917	0.8045	0.6688	0.8367	3.3438
SC32	0.6896	0.5239	0.8861	0.9550	0.7205	3.7752
C	3.2084	2.1339	3.9347	4.3555	4.1451	

Tabela 45: Matriz de Influência Total (Matriz T) do Cluster 4

	R	C	R+C	R-C
SC8	3.1677	3.2084	6.3760	-0.0407
SC9	4.3555	2.1339	6.4894	2.2216
SC12	3.1354	3.9347	7.0701	-0.7993
SC26	3.3438	4.3555	7.6993	-1.0117
SC32	3.7752	4.1451	7.9202	-0.3699

Tabela 46: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL do *Cluster 4*

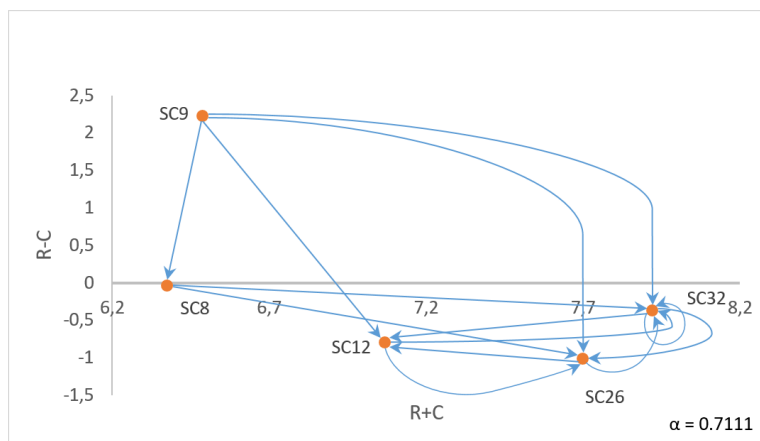


Figura 17: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do *Cluster 4*

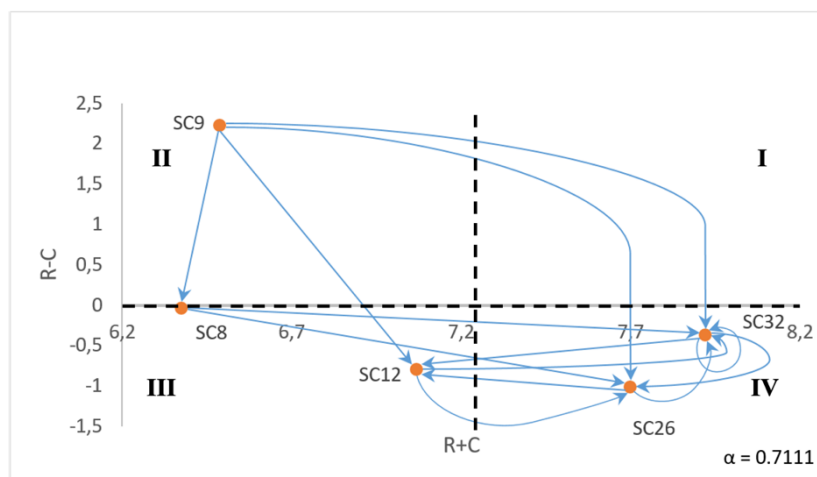


Figura 18: Diagrama DEMATEL do *Cluster 4* Dividido por Quadrantes

APÊNDICE V

Resultados do *Cluster 5* – Política e Instrumentos de Gestão

Critérios Escolhidos	
SC89	Integração de Opções de Planeamento nos IGTs
SC94	Pensar Global e Atuar Local
SC95	Participação Ativa da População
SC104	Falta de Planeamento Contínuo
SC113	Conhecimento Partilhado

Tabela 47: Critérios Escolhidos dentro do *Cluster 5*

	SC89	SC94	SC95	SC104	SC113	SUM
SC89	0.0	4.0	2.0	3.0	3.0	12.0
SC94	4.0	0.0	4.0	4.0	4.0	16.0
SC95	3.0	4.0	0.0	0.5	0.5	8.0
SC104	4.0	4.0	1.0	0.0	1.0	10.0
SC113	4.0	4.0	2.0	4.0	0.0	14.0
SUM	15.0	16.0	9.0	11.5	8.5	

Tabela 48: Matriz de Influência Direta Inicial (Matriz Z) do *Cluster 5*

Max	16.0	16.0
1/max	0.0625	0.0625
1/s	0.0625	

Tabela 49: Cálculo de “1/s” para Normalizar a Matriz de Influência Direta do *Cluster 5*

	SC89	SC94	SC95	SC104	SC113
SC89	0.0000	0.2500	0.1250	0.1875	0.1875
SC94	0.2500	0.0000	0.2500	0.2500	0.2500
SC95	0.1875	0.2500	0.0000	0.0313	0.0313
SC104	0.2500	0.2500	0.0625	0.0000	0.0625
SC113	0.2500	0.2500	0.1250	0.2500	0.0000

Tabela 50: Matriz Normalizada de Influência Direta (Matriz X) do *Cluster 5*

	SC89	SC94	SC95	SC104	SC113
SC89	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC94	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC95	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC104	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Tabela 51: Matriz Identidade (Matriz I) do Cluster 5

	SC89	SC94	SC95	SC104	SC113
SC89	1.0000	-0.2500	-0.1250	-0.1875	-0.1875
SC94	-0.2500	1.0000	-0.2500	-0.2500	-0.2500
SC95	-0.1875	-0.2500	1.0000	-0.0313	-0.0313
SC104	-0.2500	-0.2500	-0.0625	1.0000	-0.0625
SC113	-0.2500	-0.2500	-0.1250	-0.2500	1.0000

Tabela 52: Matriz I-X do Cluster 5

	SC89	SC94	SC95	SC104	SC113
SC89	1.6277	0.8543	0.5318	0.6799	0.5779
SC94	0.9704	1.8061	0.7133	0.8327	0.7078
SC95	0.5995	0.6650	1.3097	0.4058	0.3449
SC104	0.7439	0.7654	0.4295	1.4530	0.4351
SC113	0.9104	0.9396	0.5824	0.7921	1.4733

Tabela 53: Matriz Inversa (Matriz I-X⁻¹) do Cluster 5

	SC89	SC94	SC95	SC104	SC113	R
SC89	0.6277	0.8543	0.5318	0.6799	0.5779	3.2716
SC94	0.9704	0.8061	0.7133	0.8327	0.7078	4.0303
SC95	0.5995	0.6650	0.3097	0.4058	0.3449	2.3249
SC104	0.7439	0.7654	0.4295	0.4530	0.4351	2.8269
SC113	0.9104	0.9396	0.5824	0.7921	0.4733	3.6978
C	3.8519	4.0303	2.5667	3.1635	2.5390	

Tabela 54: Matriz de Influência Total (Matriz T) do Cluster 5

	R	C	R+C	R-C
SC89	3.2716	3.8519	7.1235	-0.5804
SC94	4.0303	4.0303	8.0605	0.0000
SC95	2.3249	2.5667	4.8915	-0.2418
SC104	2.8269	3.1635	5.9904	-0.3366
SC113	3.6978	2.5390	6.2368	1.1588

Tabela 55: Cálculos do “R+C” e “R-C” para o Diagrama DEMATEL do *Cluster 5*

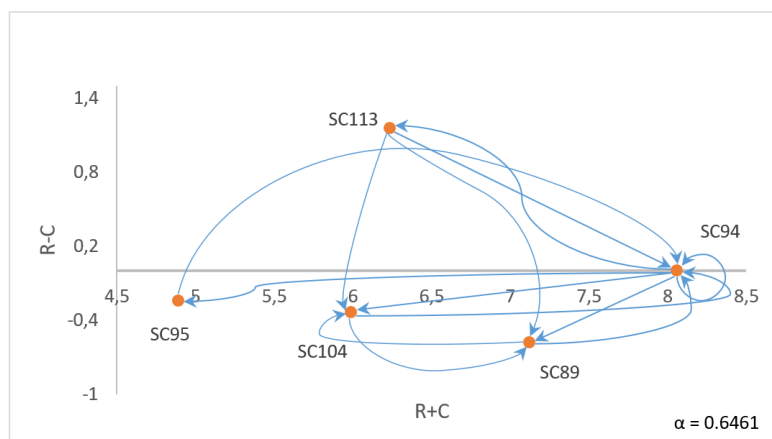


Figura 19: Diagrama de Causa-Efeito (Diagrama DEMATEL) do *Cluster 5*

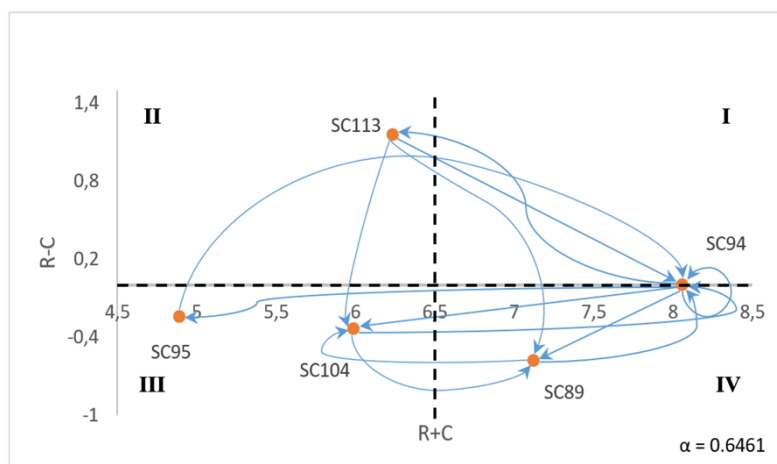


Figura 20: Diagrama DEMATEL do *Cluster 5* Dividido por Quadrantes