



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

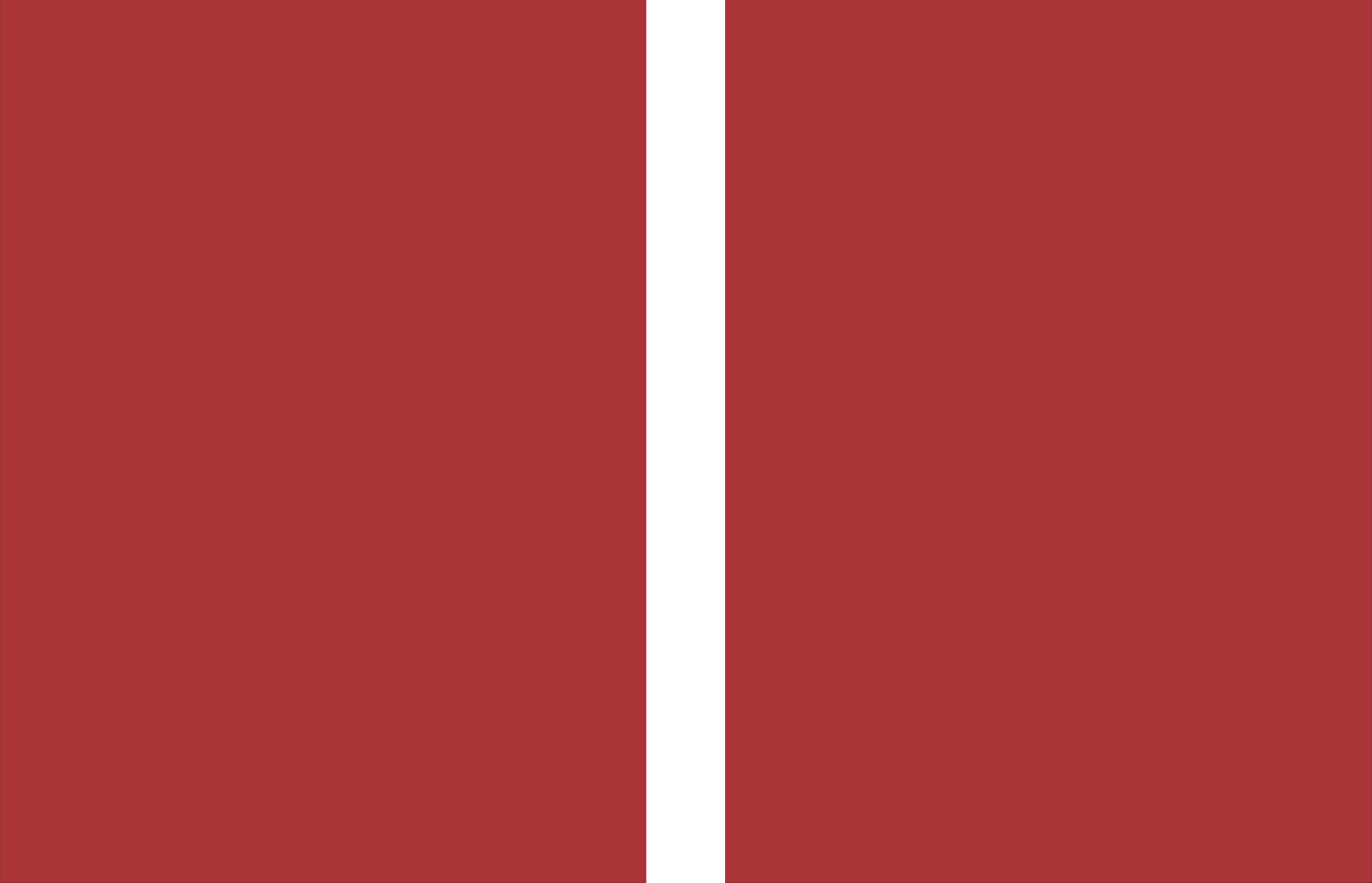
Maria Elisabete Santos Soares **Um Índice de Expansão Urbana Sustentável**

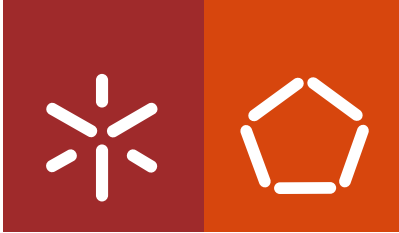
Maria Elisabete Santos Soares

Um Índice de Expansão Urbana Sustentável

UMinho | 2019

dezembro de 2019





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Maria Elisabete Santos Soares

Um Índice de Expansão Urbana Sustentável

Tese de Doutoramento
Doutoramento em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Rui António Rodrigues Ramos
e da
**Investigadora Principal Doutora Ana Maria de Barros
Duarte Fonseca**

dezembro de 2019

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos. Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



**Atribuição
CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

No momento da apresentação deste trabalho não poderia deixar de expressar o meu reconhecimento às pessoas e instituições que comigo colaboraram.

Em primeiro lugar, expresso o meu agradecimento ao Professor Rui Ramos por aceder ao meu repto de ser meu Orientador no desenvolvimento deste tema. Uma palavra de apreço pelo seu contributo científico e supervisão, apesar da sua apertada agenda.

O meu agradecimento estende-se à Engenheira Ana Fonseca que prontamente aceitou ser minha Coorientadora. Agradeço as sugestões e os comentários, apesar do tema da Tese ter divergido do previsto inicialmente e afastar-se da sua área de investigação. Agradeço também a forma como me recebeu no Laboratório Nacional de Engenharia Civil no período de preparação do tema da Tese.

A minha gratidão para com as diversas entidades que responderam aos meus pedidos de informação e de dados, nomeadamente: à Câmara Municipal da Guarda, em especial à Engenheira Catarina Coimbra; aos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Guarda, em especial à Dr.^a Luísa Santos e ao Engenheiro Nuno Raposo; à Polícia de Segurança Pública da Guarda, em especial ao Comandante Distrital da PSP da Guarda e ao Comissário José Quintaneiro; à Esquadra de Trânsito da Polícia de Segurança Pública da Guarda, em especial ao Subcomissário Paulo Costa; à Delegação de Castelo Branco da Empresa Transdev, em especial ao Engenheiro Sérgio Bispo.

Às pessoas que gentilmente responderam aos inquéritos. Um agradecimento especial à colega e amiga Isa Severino pelo apoio e empenho na divulgação e distribuição dos inquéritos.

Uma palavra de reconhecimento para a Fundação para a Ciência e Tecnologia pela atribuição da bolsa SFRH/PROTEC/68084/2010, mesmo que esta tenha sido interrompida após o primeiro ano por intervenção governamental.

Ao Instituto Politécnico da Guarda, agradeço o apoio financeiro cedido para o pagamento de algumas prestações das propinas do Doutoramento.

Um agradecimento especial ao meu pai, que não estando presente está sempre comigo; à minha mãe, por ser a Mãe; à minha irmã, por ouvir os meus desabafos e as angústias. Obrigada pelo apoio e carinho oferecidos neste árduo percurso.

Também uma palavra de apreço especial aos amigos e aos colegas de jornada, pelo interesse, pelas palavras amigas de incentivo, pela força e pelo apoio dado em momentos mais críticos. Um agradecimento especial à Amiga Natália Gomes.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Um Índice de Expansão Urbana Sustentável

O presente trabalho desenvolve uma nova metodologia para avaliar a sustentabilidade urbana em zonas de expansão à escala da cidade. Com o título IEUS – Índice de Expansão Urbana Sustentável, esta metodologia procura responder às necessidades das cidades em termos de planeamento para uma expansão urbana sustentável e para a consolidação nos limites das áreas urbanas pré-existentes, evitando o fenómeno de *sprawl* urbano. Os limites das cidades cresceram e o ritmo de consumo de solo não é sustentável em termos ambientais, sociais e económicos, o que requer novas ferramentas e práticas de planeamento e de gestão urbana. A estratégia para a sustentabilidade das cidades requer uma visão holística, integrando diferentes objetivos e avaliando várias dimensões da sustentabilidade. Neste contexto, este trabalho disponibiliza através do IEUS uma nova metodologia para avaliar e analisar o desenvolvimento das cidades. Enquanto modelo de planeamento e de gestão urbana, o IEUS avalia a dinâmica urbana, integrando várias dimensões do desenvolvimento sustentável de forma a avaliar o desempenho da cidade segundo as dimensões urbanas incluídas no modelo. Para o efeito, foram identificados de forma operacional indicadores urbanos sustentáveis. A metodologia está estruturada em seis Domínios e organizada segundo critérios quantitativos, qualitativos e espaciais. A metodologia foi testada na cidade portuguesa da Guarda, caracterizada por contrastes e grande diversidade de usos e ocupação do solo e com uma forte diversidade funcional. O caso de estudo destaca o potencial do IEUS, como ferramenta de apoio à decisão para a sustentabilidade urbana e para a definição de estratégias sustentáveis à escala da cidade. O IEUS obtido para a cidade da Guarda atingiu um valor global satisfatório, com *score* igual a 0,63, para a avaliação com total compensação de critérios e risco neutro. A análise parcial dos Domínios gera novas dimensões, designadas por indicadores compostos, que permitem a análise setorial da cidade. O IEUS e a análise parcial geram cenários de avaliação que contribuem para avaliar o nível de influência e de desempenho de cada fator urbano no contexto do desenvolvimento sustentável. Consequentemente, o método permite identificar os aspetos a melhorar no desempenho da cidade. Neste sentido, o IEUS cria uma ferramenta de apoio ao planeamento e à gestão de cidades relevante para auxiliar e para fomentar o desenvolvimento urbano sustentável e a consolidação de áreas urbanas.

Palavras-Chave:

expansão urbana sustentável, planeamento e gestão urbana, avaliação multicritério, metodologia de apoio à decisão, índice de expansão urbana sustentável.

ABSTRACT

A Sustainable Urban Expansion Index

The present work develops a new methodology for assessing sustainable urban expansion at the city scale. Entitled IEUS (Portuguese acronym Índice de Expansão Urbana Sustentável), this methodology seeks to meet the planning needs of cities toward a more sustainable urban expansion and consolidation processes within the boundaries of pre-existing urban areas, has led to a generalised urban sprawl. The pattern of urban expansion and consumption of land is not sustainable in the environmental, social and economic point of view, and new urban planning and management tools and practices are required for achieving a more sustainable urban development. Therefore, the strategy for achieving more sustainable cities requires a holistic vision, by integrating different objectives and by evaluating several sustainable urban dimensions. In this context, this work describes IEUS as a new methodology to support processes of sustainable urban growth. As a model of urban planning and management, IEUS assesses the urban dynamics by integrating several dimensions of sustainable development, assessing the city performance for the urban dimensions included in the model. For that purpose, an operational definition of sustainable urban indicators has been developed. The methodology is organised according to six dimensions, which are divided into quantitative, qualitative and spatial criteria. The methodology was tested in the Portuguese city of Guarda. The city is characterised by contrasts and by a great diversity of land uses with strong functional diversity. The case study highlights the potential of IEUS as a decision support tool for adopting a more sustainable process of urban growth and for designing sustainable strategies for the city. The IEUS obtained for the city of Guarda reached a satisfactory overall value, with a score of 0.63, for the evaluation with full criteria compensation and neutral risk. The partial analysis generates new dimensions, named composite indicators and allows to perform the sectorial analysis of the city. The global Index and the partial assessment of the six dimensions help generate scenarios, through which the influence and the performance of each indicator to urban sustainability are estimated. Therefore, the method identifies the issues requiring actions to adopt a more sustainable urban development. In this sense, IEUS creates a tool to support the planning and management of cities, relevant to promote and foster processes of sustainable urban development and consolidation of urban areas.

Keywords:

sustainable urban expansion, urban planning and management, multicriteria evaluation, decision support methodology, sustainable urban expansion index.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| AGRADECIMENTOS..... | iii |
| DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE | iv |
| RESUMO | v |
| ABSTRACT | vi |
| ÍNDICE | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xi |
| ÍNDICE DE TABELAS | xvi |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Apresentação e Contextualização do Tema..... | 1 |
| 1.2 Fundamentação e Objetivos da investigação | 3 |
| 1.3 Contribuição original da investigação..... | 6 |
| 1.4 Metodologia da investigação | 7 |
| 1.5 Estrutura da Tese..... | 8 |
| CAPÍTULO II | |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 13 |
| 2.1 Introdução..... | 13 |
| 2.2 Problemáticas do Território | 16 |
| 2.2.1 O conceito de área urbana..... | 20 |
| 2.2.2 Configuração do crescimento urbano | 22 |
| 2.2.3 <i>Sprawl</i> urbano | 25 |
| 2.2.3.1 O <i>sprawl</i> urbano em Portugal | 31 |
| 2.2.4 Desenvolvimento Urbano Sustentável | 33 |
| 2.2.5 Avaliar o <i>sprawl</i> urbano numa perspetiva de desenvolvimento sustentável..... | 38 |
| 2.2.6 Indicadores de Desenvolvimento Sustentável | 43 |
| 2.3 Modelo Espacial de Análise Multicritério..... | 54 |
| 2.3.1 Estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério..... | 55 |

| | |
|---|------------|
| 2.3.2 Avaliação multicritério | 57 |
| 2.3.2.1 Normalização de critérios | 57 |
| 2.3.2.2 Avaliação de pesos para os critérios..... | 59 |
| 2.3.2.3 Combinação de critérios | 62 |
| 2.3.3 Os Sistemas de Informação Geográfica na análise multicritério | 65 |
| 2.4 Conclusão | 66 |
| CAPÍTULO III | |
| METODOLOGIA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO DA EXPANSÃO URBANA | 69 |
| 3.1 Introdução | 69 |
| 3.2 Formulação do Modelo de Análise Multicritério..... | 70 |
| 3.2.1 Critérios do modelo de análise multicritério..... | 72 |
| 3.2.1.1 Domínios..... | 72 |
| 3.2.1.2 Subdomínios..... | 76 |
| 3.2.1.3 Indicadores de desenvolvimento sustentável | 84 |
| 3.2.1.4 Subindicadores de desenvolvimento sustentável | 85 |
| 3.3 Pesquisa dos indicadores de desenvolvimento sustentável | 86 |
| 3.3.1 Critérios do 3.º nível e do 4.º nível da estrutura hierárquica | 87 |
| 3.4 Conclusão | 154 |
| CAPÍTULO IV | |
| MODELO DO ÍNDICE DE EXPANSÃO URBANA SUSTENTÁVEL | 157 |
| 4.1 Introdução | 157 |
| 4.2 Estrutura Hierárquica | 158 |
| 4.3 Formulação para o cálculo dos critérios do 3.º nível e do 4.º nível | 160 |
| 4.4 Técnicas associadas à avaliação multicritério | 200 |
| 4.4.1 Normalização dos critérios | 200 |
| 4.4.2 Avaliação de pesos | 242 |
| 4.4.3 Combinação de critérios | 243 |
| 4.5 Implementação em Sistemas de Informação Geográfica | 243 |
| 4.6 Síntese do cálculo do IEUS | 244 |
| 4.7 Análise parcial | 249 |
| 4.8 Conclusão | 250 |
| CAPÍTULO V | |
| APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE EXPANSÃO URBANA SUSTENTÁVEL À CIDADE DA GUARDA..... | 253 |

| | |
|---|------------|
| 5.1 Introdução..... | 253 |
| 5.2 Delimitação da Zona de Estudo | 254 |
| 5.2.1 Aspetos gerais | 254 |
| 5.2.2 A cidade da Guarda..... | 256 |
| 5.2.3 Delimitação do perímetro urbano exterior da cidade da Guarda | 257 |
| 5.2.3.1 Cálculo das densidades de edifícios e de população residente para o município | 258 |
| 5.2.3.2 Análise do uso e cobertura do solo no município | 258 |
| 5.2.3.3 Classificação espacial em áreas urbanas e áreas não-urbanas | 260 |
| 5.2.3.4 Delimitação do perímetro urbano e identificação de áreas de expansão..... | 265 |
| 5.2.3.5 Comparação dos resultados obtidos com o perímetro urbano oficial | 269 |
| 5.2.4 Delimitação do núcleo antigo da cidade da Guarda..... | 272 |
| 5.2.4.1 Identificação do núcleo urbano mais antigo | 273 |
| 5.2.4.2 Análise da evolução urbana e identificação do núcleo urbano central..... | 274 |
| 5.2.4.3 Delimitação do núcleo urbano consolidado (centro da cidade) | 287 |
| 5.2.5 Zona de Estudo..... | 291 |
| 5.2.5.1 Caracterização da ocupação e uso do solo na zona de estudo | 294 |
| 5.3 Aplicação do Modelo de Análise Multicritério | 300 |
| 5.3.2 Recolha de dados..... | 300 |
| 5.3.3 Cálculo dos critérios do 3.º nível e do 4.º nível da estrutura hierárquica | 302 |
| 5.3.4 Normalização dos critérios do 3.º nível e do 4.º nível da estrutura hierárquica | 363 |
| 5.3.5 Cálculo do IEUS para a Cidade da Guarda | 365 |
| 5.3.5.1 Cálculo dos Domínios por combinação WLC dos Subdomínios..... | 365 |
| 5.3.5.2 Cálculo do IEUS por combinação OWA dos Domínios | 367 |
| 5.4 Cálculo dos Indicadores Compostos para a Cidade da Guarda | 369 |
| 5.5 Cenários de Avaliação para a Cidade da Guarda..... | 373 |
| 5.6 Conclusão | 377 |
| CAPÍTULO VI | |
| ANÁLISE DOS RESULTADOS | 381 |
| 6.1 Introdução..... | 381 |
| 6.2 Subindicadores e Indicadores | 382 |
| 6.3 Subdomínios | 391 |
| 6.4 Domínios | 396 |
| 6.5 Índice de Expansão Urbana Sustentável (IEUS) | 397 |
| 6.6 Indicadores Compostos | 400 |

| | |
|--|------------|
| 6.7 Análise de Sensibilidade..... | 406 |
| 6.8 Conclusão | 414 |
| CAPÍTULO VII | |
| CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS | 417 |
| 7.1 Introdução | 417 |
| 7.2 Modelo do Índice de Expansão Urbana Sustentável - IEUS | 419 |
| 7.3 Aplicação do IEUS à Cidade da Guarda | 422 |
| 7.4 Resultados do IEUS | 424 |
| 7.5 Desenvolvimentos Futuros | 429 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 431 |
| ANEXOS | |
| (Os Anexos são apresentados apenas em formato digital) | |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1.1 – Primeira, segunda e terceira etapas da metodologia de investigação..... | 11 |
| Figura 1.2 – Quarta etapa da metodologia de investigação..... | 12 |
| Figura 2.1 – Desenvolvimento urbano e tecnologia de transportes..... | 28 |
| Figura 2.2 – Coroas periurbanas..... | 29 |
| Figura 2.3 – Existência de <i>sprawl</i> urbano em torno de cidades de Portugal e ao longo da respectiva linha de costa (1990-2000)..... | 32 |
| Figura 2.4 – Quádruplo da definição de desenvolvimento sustentável..... | 36 |
| Figura 2.5 – Estrutura dos indicadores de desenvolvimento sustentável em pirâmide..... | 46 |
| Figura 2.6 – Pirâmides de informação: classificação de indicadores de desenvolvimento sustentável, com os correspondentes tipos de públicos-alvo..... | 48 |
| Figura 2.7 – Escala de comparação de critérios..... | 61 |
| Figura 2.8 - Espaço estratégico de decisão (OWA)..... | 64 |
| Figura 3.1 – Estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério..... | 71 |
| Figura 3.2 – Fluxograma para obter o subindicador <i>DI.1.1.1 Condições de habitação</i> | 91 |
| Figura 3.3 – Fluxograma para obter o indicador <i>DI.2.1 Segurança urbana</i> | 92 |
| Figura 3.4 – Desagregação do indicador <i>DI.3.1 Património, espaços públicos e espaços verdes</i> | 97 |
| Figura 3.5 – Desagregação do IDS “Disponibilidade de áreas públicas abertas e serviços”... | 98 |
| Figura 3.6 – Desagregação do IDS “Uso sustentável do solo”..... | 100 |
| Figura 3.7 – Desagregação do IDS “Estrutura da rede viária e fragmentação do território”. | 107 |
| Figura 3.8 – Fluxograma para obter o indicador <i>D3.1.2 Solo ocupado por infraestruturas de transporte</i> | 108 |
| Figura 3.9 – Desagregação do IDS “Despesas anuais para as autoridades públicas”..... | 111 |
| Figura 3.10 – Fluxograma para obter o indicador <i>D4.1.1 Distribuição modal por viagem</i> ... | 116 |
| Figura 3.11 – Fluxograma para obter o indicador <i>D4.2.1 Acidentes de trânsito</i> | 117 |
| Figura 3.12 – Fluxograma para obter os subindicadores relativos ao número de viagens diárias..... | 120 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.13 – Fluxograma para obter indicador <i>D4.4.1 Tempo de viagem</i> | 122 |
| Figura 3.14 – Fluxograma para obter os subindicadores relativos à distância média diária percorrida..... | 124 |
| Figura 3.15 – Fluxograma para obter os subindicadores relativos ao indicador <i>D4.6.2</i> | 130 |
| Figura 3.16 – Fluxograma para obter o indicador <i>D4.9.1 Qualidade do ar</i> | 138 |
| Figura 3.17 – Fluxograma para obter o indicador <i>D4.9.2 Emissão de gases poluentes</i> | 139 |
| Figura 3.18 – Fluxograma para obter o indicador <i>D4.9.4 Ruído urbano</i> | 142 |
| Figura 3.19 – Fluxograma para obter o indicador <i>D4.10.1 Deslocações pedonais e de bicicleta</i> | 144 |
| Figura 3.20 – Fluxograma para obter o indicador <i>D4.11.1 Consumo de combustível</i> | 145 |
| Figura 4.1 – Critérios dos 1.º e 2.º níveis hierárquicos do IEUS..... | 159 |
| Figura 4.2 – Estrutura de análise por nível e grupo de critérios | 244 |
| Figura 4.3 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D1 | 245 |
| Figura 4.4 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D2 | 246 |
| Figura 4.5 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D3 | 246 |
| Figura 4.6 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D4 | 247 |
| Figura 4.7 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D5 | 248 |
| Figura 4.8 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D6 | 248 |
| Figura 4.9 – Combinação WLC e OWA dos Domínios para o cálculo do IEUS..... | 249 |
| Figura 4.10 – Fluxograma para gerar cenários de avaliação de sustentabilidade urbana | 250 |
| Figura 5.1 – Localização e divisão administrativa do município da Guarda | 257 |
| Figura 5.2 – Áreas urbanizadas e não-urbanizadas do município da Guarda | 259 |
| Figura 5.3 – Densidades de edifícios e de população no município da Guarda | 261 |
| Figura 5.4 – Áreas urbanas e áreas não-urbanas obtidas para cada critério da metodologia . | 262 |
| Figura 5.5 – Classificação das áreas urbanas e não-urbanas calculadas | 263 |
| Figura 5.6 – Mancha urbana consolidada para a cidade da Guarda | 264 |
| Figura 5.7 – Análise de proximidade para definir a potencial área de expansão | 266 |
| Figura 5.8 – Densidades de população e de edifícios em cada anel de <i>buffer</i> | 267 |
| Figura 5.9 – Áreas urbanas e não-urbanas incluídas na zona do <i>buffer</i> de 1,0km..... | 268 |
| Figura 5.10 – Perímetro urbano e potencial área de expansão obtidos para a Guarda | 268 |
| Figura 5.11 – Extrato do PDM da Guarda - Perímetro urbano da cidade (UO1)..... | 269 |
| Figura 5.12 – Perímetros da área urbana da cidade da Guarda sobre imagem de satélite | 270 |
| Figura 5.13 – Número de edifícios construídos antes de 1919 na zona urbana da Guarda.... | 273 |
| Figura 5.14 – Identificação do núcleo urbano mais antigo da Guarda | 274 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.15 – Número de subsecções estatísticas vs. número de edifícios construídos antes de 1919..... | 275 |
| Figura 5.16 – Histograma de frequência do número de edifícios..... | 276 |
| Figura 5.17 – Função densidade da distribuição normal | 277 |
| Figura 5.18 – Função densidade de probabilidade para os edifícios construídos antes de 1919 | 277 |
| Figura 5.19 – Subsecções estatísticas com número de edifícios maior ou igual a 3 | 279 |
| Figura 5.20 – Subsecções estatísticas com número de edifícios maior ou igual a 6 | 279 |
| Figura 5.21 – Subsecções estatísticas com número de edifícios maior ou igual a 10 | 279 |
| Figura 5.22 – Índices dos níveis de edificação e de expansão urbana..... | 285 |
| Figura 5.23 – Evolução da densidade de edifícios construídos em cada período | 286 |
| Figura 5.24 – Evolução da densidade de edifícios construídos até 2011 na área urbana contínua identificada para cada período | 286 |
| Figura 5.25 – Avaliação por subsecção estatística das variáveis para definir o limite do núcleo urbano..... | 287 |
| Figura 5.26 – Núcleo urbano consolidado calculado..... | 289 |
| Figura 5.27 – Núcleo urbano consolidado calculado e limites oficiais do Centro Histórico da Guarda sobre imagem de satélite | 290 |
| Figura 5.28 – Densidade de edifícios e densidade de população residente no núcleo urbano calculado..... | 291 |
| Figura 5.29 – Zona de estudo para a cidade da Guarda | 292 |
| Figura 5.30 – Representação da faixa rural-urbana ou periurbana para a Guarda | 293 |
| Figura 5.31 – Cidade concentrada e zona periurbana da cidade da Guarda..... | 293 |
| Figura 5.32 - Mapa de uso e ocupação do solo da zona de estudo (16 classes) | 296 |
| Figura 5.33 – Taxa de crescimento acumulado para os edifícios construídos e para a população residente na zona de estudo | 299 |
| Figura 5.34 – Taxa de crescimento médio anual para os edifícios construídos e para a população residente na zona de estudo | 299 |
| Figura 5.35 – Variáveis hierárquicas da unidade estatística Alojamento | 303 |
| Figura 5.36 – Alojamentos que são residência habitual com falta de algum serviço, por subsecção estatística..... | 305 |
| Figura 5.37 – Percentagem de população, por subsecção estatística, sem condições de habitação | 306 |
| Figura 5.38 – Percentagem de população desempregada na zona de estudo | 306 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.39 – Percentagem de população com mais de 10 anos com falta de acesso à educação | 308 |
| Figura 5.40 - Freguesias onde se integra a zona de estudo | 312 |
| Figura 5.41 – Nível educacional por subsecção estatística da população residente na zona de estudo | 315 |
| Figura 5.42 – Espaços verdes da zona de estudo..... | 316 |
| Figura 5.43 – Espaços de património da zona de estudo | 317 |
| Figura 5.44 – Espaços públicos da zona de estudo..... | 319 |
| Figura 5.45 – Análise de proximidade a áreas públicas abertas na zona de estudo..... | 319 |
| Figura 5.46 - Fluxograma da análise espacial desenvolvida em SIG para o cálculo do indicador | 321 |
| Figura 5.47 - Distribuição dos serviços básicos dentro da zona de estudo | 321 |
| Figura 5.48 – Análise de proximidade (300m) aos serviços básicos: a) Serviços de saúde; b) Serviços escolares; c) Pontos de recolha de óleo usado..... | 322 |
| Figura 5.49 – Mancha de solo urbanizado na zona de estudo | 324 |
| Figura 5.50 - Subsecções estatísticas com alojamentos familiares de residência habitual com e sem abastecimento de água | 326 |
| Figura 5.51 - Distribuição da rede de abastecimento de água na zona de estudo | 327 |
| Figura 5.52 - Subsecções estatísticas com alojamentos familiares de residência habitual com e sem esgoto | 328 |
| Figura 5.53 - Distribuição da rede de esgoto na zona de estudo | 329 |
| Figura 5.54 – Distribuição das vias urbanas na zona de estudo | 334 |
| Figura 5.55 - Infraestruturas de transporte e espaços associados | 335 |
| Figura 5.56 - Exemplos de barreiras topográficas ao longo da VICEG..... | 338 |
| Figura 5.57 – Áreas protegidas existentes na zona de estudo | 360 |
| Figura 5.58 – Modelo digital de terreno e mapa de declives da zona de estudo | 363 |
| Figura 5.59 – Pontos de decisão (OWA) para o cálculo do IEUS..... | 365 |
| Figura 5.60 – IEUS para cada ponto de decisão (OWA) | 369 |
| Figura 5.61 – Cenários de avaliação para a Coesão Territorial por ponto de decisão OWA . | 370 |
| Figura 5.62 – Cenários de avaliação para a Mobilidade Urbana Sustentável por ponto de decisão OWA | 371 |
| Figura 5.63 – Cenários de avaliação para a Sustentabilidade Ambiental por ponto de decisão OWA | 372 |
| Figura 5.64 – Indicadores compostos (OWA) <i>versus</i> IEUS | 373 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5.65 – Cenários de avaliação <i>versus</i> IEUS..... | 377 |
| Figura 6.1 – <i>Scores</i> normalizados dos subindicadores e dos indicadores para o cálculo do IEUS | 383 |
| Figura 6.2 – <i>Scores</i> normalizados dos Subdomínios associados a cada Domínio | 392 |
| Figura 6.3 – <i>Scores</i> normalizados dos Domínios | 396 |
| Figura 6.4 – <i>Scores</i> normalizados do IEUS em cada ponto de decisão | 398 |
| Figura 6.5 – <i>Scores</i> normalizados dos indicadores compostos em cada ponto de decisão | 401 |
| Figura 6.6 – <i>Scores</i> dos indicadores compostos e do IEUS em cada ponto de decisão..... | 407 |
| Figura 6.7 – Comparação entre <i>scores</i> do IEUS e dos indicadores compostos | 408 |
| Figura 6.8 – <i>Scores</i> obtidos para os cenários de avaliação dos indicadores compostos em cada ponto de decisão | 410 |
| Figura 6.9 – Cenários de avaliação dos indicadores compostos e do IEUS em cada ponto de decisão..... | 411 |
| Figura 6.10 – Comparação entre <i>scores</i> do IEUS e dos cenários de avaliação..... | 412 |
| Figura 6.11 – Coeficiente de correlação para os cenários de avaliação em relação ao IEUS | 413 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 2.1 – Temas elencados às dimensões de desenvolvimento sustentável..... | 35 |
| Tabela 2.2 – Etapas a considerar na construção de um indicador composto (índice) | 50 |
| Tabela 2.3 – Dimensões de qualidade dos indicadores compostos | 54 |
| Tabela 3.1 – Domínios do modelo de análise multicritério | 72 |
| Tabela 3.2 – Critérios do Domínio D1 Dispersão e forma do crescimento urbano..... | 87 |
| Tabela 3.3 – Critérios do Domínio D2 Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | 103 |
| Tabela 3.4 – Critérios do Domínio D3 Cobertura das infraestruturas viárias urbanas..... | 106 |
| Tabela 3.5 – Critérios do Domínio D4 Mobilidade Urbana..... | 113 |
| Tabela 3.6 – Critérios do Domínio D5 Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis..... | 149 |
| Tabela 3.7 – Critérios do Domínio D6 Ocupação de zonas de risco | 151 |
| Tabela 4.1 – Níveis de prioridade na recolha de dados para o cálculo dos critérios do IEUS160 | |
| Tabela 4.2 – Indicadores e subindicadores de desenvolvimento sustentável para o cálculo do IEUS..... | 161 |
| Tabela 4.3 – Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador <i>D3.2.1</i> | 184 |
| Tabela 4.4 – Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador <i>D4.3.2</i> | 188 |
| Tabela 4.5 – Escala de avaliação qualitativa para a análise do subindicador <i>D4.4.2.2</i> | 189 |
| Tabela 4.6 - Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador <i>D4.5.1</i> | 190 |
| Tabela 4.7 - Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador <i>D4.7.1</i> | 193 |
| Tabela 4.8 - Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador <i>D4.9.3</i> | 196 |
| Tabela 4.9 - Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador <i>D5.2.1</i> | 199 |
| Tabela 4.10 – Número de vítimas de acidentes rodoviários dentro das localidades | 206 |
| Tabela 4.11 – Número de crimes violentos registados em Portugal..... | 207 |
| Tabela 4.12 – Taxa de crescimento anual médio da população | 213 |
| Tabela 4.13 – Despesa <i>per capita</i> dos municípios em ambiente..... | 218 |
| Tabela 4.14 – Despesas em infraestruturas rodoviárias em Portugal | 220 |
| Tabela 4.15 – Número de acidentes com vítimas em localidades | 223 |
| Tabela 4.16 – Percentagens de uso dos modos pedonal e bicicleta..... | 236 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 4.17 – Consumo de combustível para transporte rodoviário | 237 |
| Tabela 5.1 – Principais dados estatísticos e espaciais para o município da Guarda..... | 260 |
| Tabela 5.2 – Valores acumulados das densidades de população e de edifícios no município | 260 |
| Tabela 5.3 – Principais valores estatísticos e espaciais da mancha urbana consolidada calculada | 264 |
| Tabela 5.4 – População e edifícios existentes nas áreas urbanas de cada anel de <i>buffer</i> | 266 |
| Tabela 5.5 - Principais valores estatísticos e espaciais para o perímetro urbano calculado .. | 271 |
| Tabela 5.6 – Dados estatísticos dos edifícios construídos antes de 1919 | 276 |
| Tabela 5.7 – Probabilidades (P) para intervalos de número de edifícios construídos antes 1919 | 278 |
| Tabela 5.8 – Evolução temporal da área construída | 283 |
| Tabela 5.9 – Principais valores estatísticos da zona de estudo..... | 292 |
| Tabela 5.10 – Densidades de edifícios e populacional nas coroas urbanas da zona de estudo | 294 |
| Tabela 5.11 - Classes de uso e ocupação do solo existentes na zona de estudo..... | 295 |
| Tabela 5.12 - Área ocupada por cada classe principal e respetiva percentagem..... | 297 |
| Tabela 5.13 – Edifícios construídos e população residente na zona de estudo | 298 |
| Tabela 5.14 – Síntese dos dados usados e respetivas fontes | 301 |
| Tabela 5.15 – Resultados estatísticos do acesso à educação da população residente..... | 307 |
| Tabela 5.16 – Acidentes rodoviários ocorridos de 2011 a 2014 na zona urbana da Guarda . | 310 |
| Tabela 5.17 – Crimes ocorridos de 2011 a 2014 na zona urbana da Guarda | 311 |
| Tabela 5.18 – Total de crimes violentos ocorridos na zona urbana da Guarda..... | 311 |
| Tabela 5.19 – Número de inscritos e votantes em eleições nas Freguesias da zona de estudo | 312 |
| Tabela 5.20 - Número de inscritos e votantes em eleições na zona de estudo | 313 |
| Tabela 5.21 – Valores estatísticos para o cálculo do nível educacional | 314 |
| Tabela 5.22 – Área de ocupação dos espaços verdes..... | 316 |
| Tabela 5.23 – Edifícios com interesse patrimonial incluídos nas áreas de proteção classificadas em PDM | 317 |
| Tabela 5.24 – Área e população residente até 300m das áreas públicas abertas..... | 320 |
| Tabela 5.25 – Área e população residente até 300m de cada serviço básico | 322 |
| Tabela 5.26 - Resultados globais da cobertura dos serviços básicos na zona de estudo | 322 |
| Tabela 5.27 – Área e percentagem de ocupação do solo urbanizado por classe | 324 |
| Tabela 5.28 – Rubricas e montantes extraídos do RCSMAS da Guarda..... | 330 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 5.29 – Despesas relativas à rubrica de resíduos sólidos | 332 |
| Tabela 5.30 – Despesa total para o ano de 2014 relativa à rubrica de resíduos sólidos | 332 |
| Tabela 5.31 – Despesa ambiental calculada para a zona de estudo | 333 |
| Tabela 5.32 - Caracterização das infraestruturas de transporte usadas no cálculo do indicador | 335 |
| Tabela 5.33 – Área ocupada pelas infraestruturas de transporte e espaços associados | 336 |
| Tabela 5.34 - Exemplos de fragmentação na ocupação e uso do solo provocada pela VICEG | 337 |
| Tabela 5.35 – Investimentos em infraestruturas rodoviárias na cidade da Guarda | 340 |
| Tabela 5.36 - Tarifários praticados pelo transporte público urbano (ano de 2015)..... | 353 |
| Tabela 5.37 - Venda de combustíveis para consumo (Município da Guarda) | 356 |
| Tabela 5.38 – Valores do combustível em tonelada equivalente de petróleo (tep) | 357 |
| Tabela 5.39 - Síntese dos resultados da avaliação qualitativa do transporte público | 359 |
| Tabela 5.40 – <i>Scores</i> normalizados para os subindicadores e indicadores avaliados..... | 364 |
| Tabela 5.41 – Agregação WLC dos Subdomínios para obter os Domínios..... | 366 |
| Tabela 5.42 – Ordenação crescente dos <i>scores</i> relativos aos Domínios | 367 |
| Tabela 5.43 – <i>ANDness</i> e <i>trade-off</i> para os seis pontos de decisão (OWA) | 368 |
| Tabela 5.44 – IEUS para cada ponto de decisão (OWA)..... | 368 |
| Tabela 5.45 – Cenários de avaliação OWA para o indicador composto Coesão Territorial.. | 370 |
| Tabela 5.46 – Cenários de avaliação OWA para o indicador composto Mobilidade Urbana Sustentável..... | 371 |
| Tabela 5.47 – Cenários de avaliação OWA para o indicador composto Sustentabilidade Ambiental | 372 |
| Tabela 5.48 – <i>Scores</i> obtidos para cada cenário de avaliação (pesos iguais)..... | 374 |
| Tabela 5.49 – <i>Scores</i> obtidos para cada cenário de avaliação (maior peso para CT)..... | 375 |
| Tabela 5.50 – <i>Scores</i> obtidos para cada cenário de avaliação (maior peso para MUS)..... | 375 |
| Tabela 5.51 – <i>Scores</i> obtidos para cada cenário de avaliação (maior peso para SA)..... | 376 |
| Tabela 6.1 – Desvio padrão para os indicadores compostos e IEUS..... | 408 |
| Tabela 7.1 – Pontos fracos e pontos fortes identificados na análise efetuada à cidade da Guarda | 427 |

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A expansão das cidades não induzida pelo crescimento da população promove o desenvolvimento urbano de baixa densidade humana, gera o consumo excessivo de recursos naturais e transforma as características do território através da alteração do uso do solo.

Segundo o Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia de 2015 (MAOTE, 2015) o investimento efetuado nas últimas décadas nas cidades e no território assentou essencialmente em melhorar a infraestruturação básica e as condições de acessibilidade, bem como na integração do país nos mercados internacionais. Contudo, em algumas cidades este investimento promoveu um modelo de expansão urbana extensivo, desfasado das reais dinâmicas demográficas e sociais, originando problemas de eficiência e de sustentabilidade, consistindo atualmente num dos principais desafios para as políticas urbanas.

Os (exagerados) perímetros urbanos definidos na primeira geração de Planos Diretores Municipais, que surgiram no início da década de 1990, incentivaram a expansão urbana, assim como as exceções à interdição de construir em áreas fora de perímetro urbano conduziram a níveis da dispersão do edificado (Marques *et al.*, 2009). Este fenómeno do alargamento dos perímetros urbanos (MAOTE, 2015) e muitas vezes da construção dispersa e desordenada consumiu recursos, prejudicou o potencial ambiental e produtivo do solo, criou áreas urbanas desqualificadas, com um custo acrescido no reforço das infraestruturas e equipamentos, com custos ambientais e sociais inerentes a um aumento dos movimentos pendulares, baseados fundamentalmente no transporte individual. Assim, o que aparenta ser um problema setorial relacionado com o uso do solo estendeu-se para outros domínios, como a economia, o ambiente, a mobilidade e a própria inclusão social (MAOTE, 2015). Definidos com base em projeções demográficas das décadas de 1970 e 1980, que não refletem a tendência do crescimento demográfico pós 1990 (Abrantes *et al.*, 2016), muitos perímetros urbanos encontram-se atualmente desajustados, integrando extensas infraestruturas básicas e respetivos serviços de

manutenção das cidades, que devido à sua expansão para as periferias, são de baixa rentabilidade por servirem áreas pouco densificadas.

Ao facto da taxa de crescimento do edificado ter sido nas últimas três décadas superior à taxa do crescimento demográfico, conforme atestam os Censos 1991, 2001 e 2011 realizados à população e à habitação pelo Instituto Nacional de Estatística, acrescem fatores relacionadas com o modelo de crescimento urbano disperso e de baixa densidade. Esse tipo de crescimento desobedece aos princípios da sustentabilidade urbana, provocando impactos no meio ambiente com consequências sociais e económicas negativas, aumentando as desigualdades espaciais e sociais.

Tendo em conta que uma proporção cada vez maior da população portuguesa vive em áreas urbanas (MAOTE, 2015), as cidades encontram-se numa posição privilegiada para contribuir para o desenvolvimento sustentável, ficando este dependente do desenvolvimento urbano sustentável. Este último, dirige-se essencialmente aos agentes públicos que intervêm na cidade, com destaque para os municípios, as empresas e os cidadãos em geral, cujo contributo é crucial para atingir a sustentabilidade urbana (MAOTE, 2015). Assim, o desenvolvimento sustentável, integrado e harmonioso depende da capacidade das cidades em se afirmarem como agentes centrais, catalisadores do desenvolvimento ambiental, social e económico, capazes de promover a equidade, a coesão social e a salvaguarda e potenciação dos recursos territoriais e do património natural e cultural.

Neste contexto, a cidade sustentável é planeada e construída de modo a oferecer elevados padrões de qualidade de vida, fixar populações e conhecimento, fomentar a inovação, proporcionar ambiente e espaços públicos de qualidade, promover a coesão territorial e social dentro da cidade e à sua volta, e responder a cenários de incerteza.

Em Portugal, a difusão do conceito de desenvolvimento urbano sustentável e das problemáticas associadas tem sido feita essencialmente através de estudos e trabalhos de investigação, assim como através de ações e políticas empreendidas pelo Governo Central e implementadas pela Direção Geral do Território (DGT) e pelas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR). No entanto, ainda que constituídos por diretrizes e eixos fundamentais bem definidos e difundidos, os conceitos de sustentabilidade urbana permanecem complexos e rodeados de alguma subjetividade, podendo apresentar variações conforme o objetivo da análise. Contudo, não obstante os esforços pela busca do desenvolvimento urbano sustentável, observa-se o desconhecimento por parte dos municípios dos eixos que estruturam este conceito, em especial ao nível da cidade, bem como a aplicação de ferramentas adequadas para a monitorização dos aspetos relacionados com a sustentabilidade urbana.

Mais recentemente, e face a diversas pressões resultantes das políticas europeias para as cidades, foi proposta para Portugal a estratégia “Cidades Sustentáveis 2020” (MAOTE, 2015). No entanto, apesar de essa estratégia identificar que seria adotado um Índice de Sustentabilidade Urbana para as cidades portuguesas, de forma a avaliar o desempenho das mesmas, esse índice não chegou a ser adotado. Mais recentemente a Direção Geral do Território associou-se ao Instituto Português da Qualidade na promoção da adoção nacional da ISO 37120:2014 - *Sustainable development of communities - Indicators for city services and quality of life* (já publicada a versão 2018). No entanto, apenas as cidades do Porto e de Sintra foram avaliadas segundo a ISO 37120 pelo *World Council on City Data (WCCD certification system)* (WCCD, 2017). Por outro lado, podemos ainda identificar 9 cidades portuguesas (Lisboa, Porto, Braga, Coimbra, Setúbal, Aveiro, Faro, Funchal e Ponta Delgada) que integram o Atlas Urbano da União Europeia (EEA, 2017a), que permite ter uma visão sobre o uso do solo a nível do município e da cidade sede do município. Contudo, este Atlas não permite que seja feita uma análise de sustentabilidade do desenvolvimento urbano.

Esta conjuntura suscita algumas reflexões:

- i) a multiplicidade de problemas enfrentados pelas cidades dificulta a implementação de uma política única para todo o território, havendo necessidade de cada cidade desenvolver políticas próprias, considerando as especificidades locais;
- ii) a formulação de políticas públicas locais exige o conhecimento profundo dos problemas associados à dinâmica urbana, de forma a identificar as limitações e as potencialidades da cidade no sentido de implementar o conceito de sustentabilidade urbana;
- iii) a necessidade de criar uma ferramenta efetiva que analise as dinâmicas urbanas em cidades portuguesas, que retrate os principais aspetos relacionados com o conceito da sustentabilidade urbana e que permita medir os impactos da implementação de políticas públicas na concretização da sustentabilidade urbana.

Este contexto serviu de motivação para a realização desta investigação.

1.2 FUNDAMENTAÇÃO E OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO

No final do século XX e início do século XXI a população de Portugal fixou-se em cerca de 10 milhões de habitantes (INE, 2006; Carrilho e Craveiro, 2015) tendo mesmo vindo a reduzir um pouco nos anos mais recentes (INE, 2019). Apesar da afluência da população às principais cidades do País durante a segunda metade do século XX (Albergaria, 1999), nos anos mais recentes esse valor estabilizou. Entre 2011 e 2017 a população global residente nas 159

idades estatísticas portuguesas manteve-se em aproximadamente 4,5 milhões de habitantes (INE, 2014; 2019), devendo a ocupação urbana associada à evolução das cidades acompanhar esta tendência. Assim, é urgente e importante acompanhar essa evolução com a aplicação de políticas de contenção que se devem refletir em primeiro lugar na revisão dos Planos Diretores Municipais em que se integram essas cidades. O modelo proposto nesta Tese centra-se na análise da cidade, e não no município como um todo, pelo que não é o mais adequado para o estudo dos municípios em que a ocupação é mais difusa e menos centrada num importante aglomerado urbano. Para os municípios em que a população está predominantemente concentrada num único aglomerado urbano, o modelo possibilita um melhor conhecimento desse espaço urbano e do respetivo modelo de desenvolvimento, permitindo avaliar os fatores com maior e menor desempenho e, assim, servir de apoio à decisão na aplicação de medidas mais sustentáveis para a área municipal com maior concentração de população. O modelo é portanto aplicável a um conjunto alargado de cidades em Portugal, que possuem um limite urbano bem identificado, de média dimensão (para o padrão de Portugal), com mais de 10000 habitantes e menos de 100000 habitantes (o que representa 96 cidades de Portugal, conforme INE (2014), ficando apenas de fora as cidades de Lisboa, Porto, Vila Nova de Gaia, Amadora, Braga, Funchal e Coimbra). A sua aplicação a conurbações urbanas, como áreas metropolitanas, apenas seria possível se existisse uma política de planeamento integrado e multimunicipal para toda a conurbação urbana, o que atualmente não acontece em Portugal. Se se considerar que o Atlas Urbano da União Europeia, lançado em 2009 pela Comissão Europeia, apenas integra 9 cidades portuguesas (EEA, 2017a), como referido na Secção anterior, é notório que o modelo agora proposto pode ter uma forte aplicabilidade a um elevado número de cidades que estão fora desta plataforma. Tal como o Atlas Urbano, também o modelo proposto permite no futuro vir a colmatar uma lacuna relevante na gestão das cidades em Portugal, que é um deficiente número de dados públicos sobre a ocupação do solo e diversos fatores complementares de sustentabilidade urbana.

Neste contexto, a problemática da sustentabilidade urbana, baseada num modelo que avalie as dinâmicas urbanas e que integre as dimensões do desenvolvimento sustentável, é indutora do modelo de planeamento e gestão urbana de cidades.

Como ficou evidente na Secção anterior, o modelo de expansão das cidades resultante de políticas urbanas desajustadas tem impacto sobre os aspetos sociais, ambientais e económicos da cidade, originando problemas de gestão difíceis de suportar atualmente. A ausência de ferramentas para a gestão urbana que permitam avaliar as diversas dimensões da sustentabilidade urbana, no sentido de perceber melhor o problema, identificando os fatores em

que a cidade tem bom ou mau desempenho, dificulta a resolução dos problemas e gera alguma subjetividade sobre as opções tomadas. Pelo contrário, a formulação de um modelo que integre pontos de vista da sustentabilidade urbana e que reflita as políticas urbanas exercidas na cidade permite formular respostas objetivas e baseadas em valores que avaliam as diferentes perspectivas, possibilitando tomar decisões de forma mais sustentada.

Neste sentido, a construção de um modelo que integre um conjunto de indicadores que avaliam, numa perspectiva de desenvolvimento urbano integrado e sustentado, as práticas adotadas na gestão urbana, permitindo identificar o grau de contribuição para a sustentabilidade urbana de cada fator avaliado, constitui um modelo de apoio à decisão para o planeamento urbano de zonas de expansão.

Os índices ou indicadores urbanos, focando-se nos diferentes domínios que influenciam o desenvolvimento urbano, e em relação aos quais se avalia o desempenho das cidades, adequam-se às ferramentas de análise das condições urbanas e acompanhamento do impacto das políticas públicas, ao mesmo tempo que permitem acompanhar a evolução de determinados fenómenos e ações. Este tipo de ferramentas tem sido utilizado em alguns processos relacionados com o planeamento e gestão urbana, desenvolvidos especialmente no âmbito de trabalhos internacionais. Assim, a construção de um índice que agregue as diferentes dimensões de sustentabilidade, que permita a avaliação dos impactos das estratégias adotadas em contextos específicos, possibilitando atuar de forma global ou setorial na implementação do conceito de sustentabilidade urbana, constitui uma ferramenta de apoio ao planeamento e à gestão urbana sustentável.

Neste contexto, este trabalho justifica-se por:

- 1) propor através de um processo organizado um conjunto de critérios de diferentes ordens, que avaliam uma perspectiva da sustentabilidade urbana definida para zonas de expansão;
- 2) propor uma ferramenta de análise que auxilie na compreensão das interdependências existentes entre os diversos objetivos que envolvem a sustentabilidade urbana. Ao mesmo tempo, esta ferramenta visa incorporar as dimensões de sustentabilidade através dos critérios, e os impactos das ações exercidas que influenciam as condições globais do desenvolvimento urbano, permitindo identificar aspetos que inibem ou potenciam a efetivação da sustentabilidade urbana. Em última análise, a avaliação da dinâmica urbana facultada por esta ferramenta permite auxiliar na formulação de políticas públicas relacionadas com a sustentabilidade urbana, constituindo uma ferramenta de apoio à decisão.

Neste enquadramento, o objetivo geral da Tese consiste no desenvolvimento de um Índice de Expansão Urbana Sustentável (IEUS) que integre, por um lado, pontos de vista da sustentabilidade urbana e, por outro lado, as ações de planeamento e gestão urbana exercidas na cidade, em especial na zona de expansão.

Os objetivos específicos da Tese são: (i) identificar os conceitos que compõem o referencial teórico da sustentabilidade urbana; (ii) identificar os critérios que estruturam o Índice de Expansão Urbana Sustentável num modelo de análise multicritério; (iii) especificar o modelo para a realidade das cidades portuguesas, em especial cidades de pequena e média dimensão; (iv) integrar no modelo a análise de risco na avaliação; (v) desenvolver uma ferramenta que avalie as dinâmicas urbanas num contexto de planeamento e gestão sustentável, capaz de revelar as condições atuais e medir os impactos das medidas aplicadas numa perspetiva da sustentabilidade urbana; (vi) aplicar o Índice de Expansão Urbana Sustentável a uma cidade portuguesa, como caso de estudo, de modo a identificar, no âmbito dos padrões de sustentabilidade urbana identificados para o modelo de análise multicritério, os aspetos favoráveis e os aspetos adversos ao bom desempenho da cidade, no sentido de ser possível propor medidas de melhoria para a elaboração das políticas públicas da cidade, visando o desenvolvimento urbano sustentável.

1.3 CONTRIBUIÇÃO ORIGINAL DA INVESTIGAÇÃO

A contribuição para o conhecimento que se procura preconizar com a presente Tese assenta essencialmente em duas linhas orientadoras: I) a abordagem inovadora e multidisciplinar à questão da sustentabilidade urbana, nomeadamente por via da inclusão dos cenários de risco no processo de avaliação; II) a investigação de critérios de decisão implicados na temática da sustentabilidade urbana, estruturados num único modelo de avaliação das políticas públicas urbanas utilizadas na gestão da cidade, culminando num índice de avaliação da sustentabilidade urbana em zonas de expansão, o que permite estabelecer um modelo original e aplicável a muitas cidades médias e pequenas de Portugal.

Especificamente, a contribuição original da Tese assenta: (i) na conceção e definição dos Domínios de avaliação da sustentabilidade urbana, como as principais linhas orientadoras que suportam a investigação desenvolvida; (ii) na definição de subtemas, designados por Subdomínios, os quais especificam e clarificam os objetivos dos Domínios. Estes dois grupos de dimensões ligadas à sustentabilidade urbana estabelecem a estrutura do modelo de análise multicritério, servindo de guias para a pesquisa dos restantes critérios; (iii) na formulação matemática para o cálculo dos subindicadores e dos indicadores a partir da respetiva definição

e objetivos de cada um destes critérios; (iv) no processo de normalização de cada subindicador e indicador de desenvolvimento sustentável; (v) na definição de dimensões de sustentabilidade urbana, designadas por indicadores compostos; (vi) no desenvolvimento de metodologias para definir e delimitar áreas urbanas, questão essencial para a aplicação do índice de avaliação da sustentabilidade urbana às cidades.

1.4 METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

Do ponto de vista metodológico, as disciplinas de base que informam, sustentam e operacionalizam o desenvolvimento do Índice de Expansão Urbana Sustentável são:

- os modelos teóricos relacionados com o desenvolvimento urbano sustentável e os estudos específicos realizados a nível nacional e internacional, designadamente os exercícios de identificação de indicadores de desenvolvimento sustentável;

- a análise multicritério como ferramenta de avaliação de alternativas, com especial interesse para a exploração de várias conjeturas de combinação de critérios no sentido do desenvolvimento de cenários de avaliação;

- os Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta de análise espacial.

A metodologia de investigação desenvolveu-se ao longo de quatro etapas principais que se apresentam de forma resumida. A primeira etapa consistiu na identificação do tema de pesquisa e conseqüente formulação do problema, no sentido de dar resposta à questão: “Que fatores poderão influenciar o desenvolvimento sustentável das cidades?”. Na segunda etapa procedeu-se ao estudo do conceito a conferir aos Domínios, de modo a responder à formulação do problema identificado na etapa anterior. Estando a ideia que suporta os Domínios bem identificada efetuou-se um procedimento semelhante de modo a identificar os Subdomínios que se agregam a cada um dos Domínios. A acreditação da definição final destes dois grupos de dimensões urbanas suportou-se em pesquisa bibliográfica. A fixação destes conceitos determinou a pesquisa dos indicadores de desenvolvimento sustentável, os quais devem constituir variáveis acessíveis e facilmente avaliáveis. Deste modo, traduzem de forma simplificada os principais temas estabelecidos para o Índice de Expansão Urbana Sustentável. Identificou-se assim, como resultado da pesquisa bibliográfica, um conjunto de indicadores urbanos que após a análise dos respetivos objetivos permitiram estabelecer e definir os subindicadores e os indicadores de desenvolvimento sustentável a integrar no modelo do índice de expansão urbana sustentável. A terceira etapa consistiu na formulação do Índice de Expansão Urbana Sustentável. Fez parte desta etapa: estruturar o modelo do índice de expansão urbana sustentável, afetando os critérios aos respetivos níveis hierárquicos; construir o formulário de

cálculo dos subindicadores e dos indicadores de desenvolvimento sustentável; estabelecer o processo de normalização para os subindicadores e indicadores; identificar o modelo de avaliação dos pesos a atribuir aos critérios; definir o método de combinação dos critérios ao longo da estrutura hierárquica. A determinação do modelo de normalização a adotar em cada critério, apoiou-se em medidas de sustentabilidade urbana utilizadas a nível nacional e internacional de reconhecido sucesso, designadamente nos exercícios de identificação de pontos de calibração para normalizar as funções *fuzzy*. Na quarta etapa procedeu-se à aplicação do modelo do índice de expansão urbana a uma cidade, constituindo um caso de estudo, para a qual se implementou toda a formulação identificada na etapa anterior. No final, a agregação de critérios, variando a atitude de risco e de *trade-off*, permitiu gerar diferentes cenários de avaliação, quer ao nível da análise global do Índice de Expansão Urbana Sustentável, quer para a análise parcial. As referidas etapas encontram-se esquematizadas nas Figuras 1.1 e 1.2.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

A Tese desenvolve-se ao longo de sete Capítulos e cinco Anexos, constituindo a presente Introdução o primeiro Capítulo.

No Capítulo II expõem-se os fundamentos teóricos que suportam os principais pilares do trabalho desenvolvido na Tese. São discutidos e apresentados aspetos relacionados com as problemáticas do território, como a configuração do crescimento urbano, o *sprawl* urbano e o desenvolvimento urbano sustentável; os indicadores de desenvolvimento sustentável numa perspetiva de avaliar a expansão urbana; metodologias para a implementação dos indicadores de desenvolvimento sustentável, constituindo modelos espaciais de análise multicritério; o contributo dos modelos de análise multicritério na avaliação da sustentabilidade urbana.

No Capítulo III apresentam-se e descrevem-se os critérios que compõem o modelo de análise multicritério. Em concreto, expõem-se em pormenor todos os critérios que integram cada nível da estrutura hierárquica do modelo, dando uma relevância particular às fontes bibliográficas consultadas para a pesquisa e identificação dos indicadores urbanos de desenvolvimento sustentável, apresentando-se ainda as respetivas definições dos subindicadores e dos indicadores que resultaram desta análise da literatura.

No Capítulo IV procede-se ao desenvolvimento do modelo do Índice de Expansão Urbana Sustentável, resultado da fusão dos dois grandes eixos estudados nos Capítulos anteriores: critérios de desenvolvimento urbano sustentável e análise multicritério. Começa-se por apresentar as componentes estruturais do modelo, ou seja, a estrutura do processo de decisão, seguida da exposição da formulação de cálculo para os subindicadores e os indicadores. São

ainda abordadas as técnicas associadas à avaliação multicritério, concretamente o processo de normalização dos subindicadores e dos indicadores, a avaliação de pesos dos critérios, bem como os métodos de combinação dos critérios. É também referido a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica para a realização da análise espacial dos critérios. No final, apresenta-se uma síntese do cálculo do Índice e também a análise parcial do modelo de modo a gerar cenários de avaliação com diferentes níveis de risco.

O Capítulo V ocupa-se do caso de estudo, que consiste na aplicação do modelo do Índice de Expansão Urbana Sustentável à cidade da Guarda. O objetivo do caso de estudo define-se como a avaliação da cidade relativamente aos padrões de sustentabilidade urbana estabelecidos para o Índice, tendo em linha de conta a realidade local. De referir que a cidade da Guarda registou um crescimento acelerado e desorganizado a partir da década de 1970, conduzindo a um modelo de crescimento urbano disperso e fragmentado, sendo este um dos motivos pelo qual se escolheu esta cidade como caso de estudo. O Capítulo inicia-se com a apresentação da cidade da Guarda, após o que se especificam as metodologias desenvolvidas para a delimitação da zona de estudo, nomeadamente para a definição do perímetro urbano exterior (Soares *et al.*, 2019). e do núcleo urbano consolidado. De seguida apresenta-se a aplicação do modelo de análise multicritério à zona de estudo identificada anteriormente, expondo-se os dados locais recolhidos e respetivas fontes, o procedimento para o cálculo dos subindicadores e dos indicadores e a respetiva normalização. Inicia-se então a exploração do modelo e avaliação com diferentes níveis de risco e *trade-off* através de dois tipos de análise: (i) cálculo global do Índice; (ii) cálculo dos indicadores compostos. Finalmente procede-se à exploração de cenários de avaliação.

No Capítulo VI apresenta-se uma discussão aprofundada dos resultados obtidos para cada um dos critérios avaliados no caso de estudo. Começa-se por discutir os resultados dos critérios dos níveis hierárquicos mais baixos, os subindicadores e os indicadores, seguido dos Subdomínios e dos Domínios. Depois discutem-se os resultados à luz dos níveis de risco e *trade-off* assumidos em cada cenário. É também apresentada e debatida a análise de sensibilidade.

Finalmente, o Capítulo VII é reservado às conclusões da Tese. Apresentam-se as conclusões relevantes relativamente ao modelo teórico desenvolvido; as conclusões relativamente ao caso de estudo, quer em termos da aplicabilidade do modelo, quer em termos de resultados obtidos para o caso particular da Guarda; apresentam-se ainda conclusões relativas aos resultados obtidos na análise parcial, na avaliação de cenários e na análise de sensibilidade. Por fim, tecem-se considerações relativamente a desenvolvimentos futuros.

O primeiro Anexo, designado por Anexo A, inclui as fichas descritivas dos indicadores de desenvolvimento sustentável pesquisados para integrar o modelo de análise multicritério e com base nos quais se criaram novos subindicadores ou indicadores, descritos ao longo da Secção 3.3 do Capítulo III.

O Anexo B inclui as fichas descritivas dos indicadores de desenvolvimento sustentável que, apesar de pesquisados inicialmente acabaram por não integrar o modelo por se concluir que não se enquadravam para a escala da cidade.

No Anexo C apresentam-se os gráficos respeitantes à evolução do número de edifícios construídos por subsecção estatística pertencente ao núcleo urbano consolidado (centro da cidade) calculado.

O Anexo D apresenta os detalhes do inquérito realizado a população residente na zona urbana da Guarda, incluindo os questionários e os quadros de resultados.

No Anexo E apresenta-se o cálculo de todos os critérios que integram o modelo do IEUS para a cidade da Guarda, combinados ao longo da estrutura hierárquica por aplicação do método de combinação linear pesada (WLC). No final, resultam os *scores* normalizados de cada Domínio.

Por último, justifica informar que os Anexos são disponibilizados apenas em formato digital, pelo que não integram a versão impressa da Tese.

De seguida, apresentam-se as Figuras relativas às etapas da metodologia de investigação exposta na Secção 1.4.

A Figura 1.1 mostra o fluxograma para o desenvolvimento da primeira, segunda e terceira etapas da metodologia de investigação.

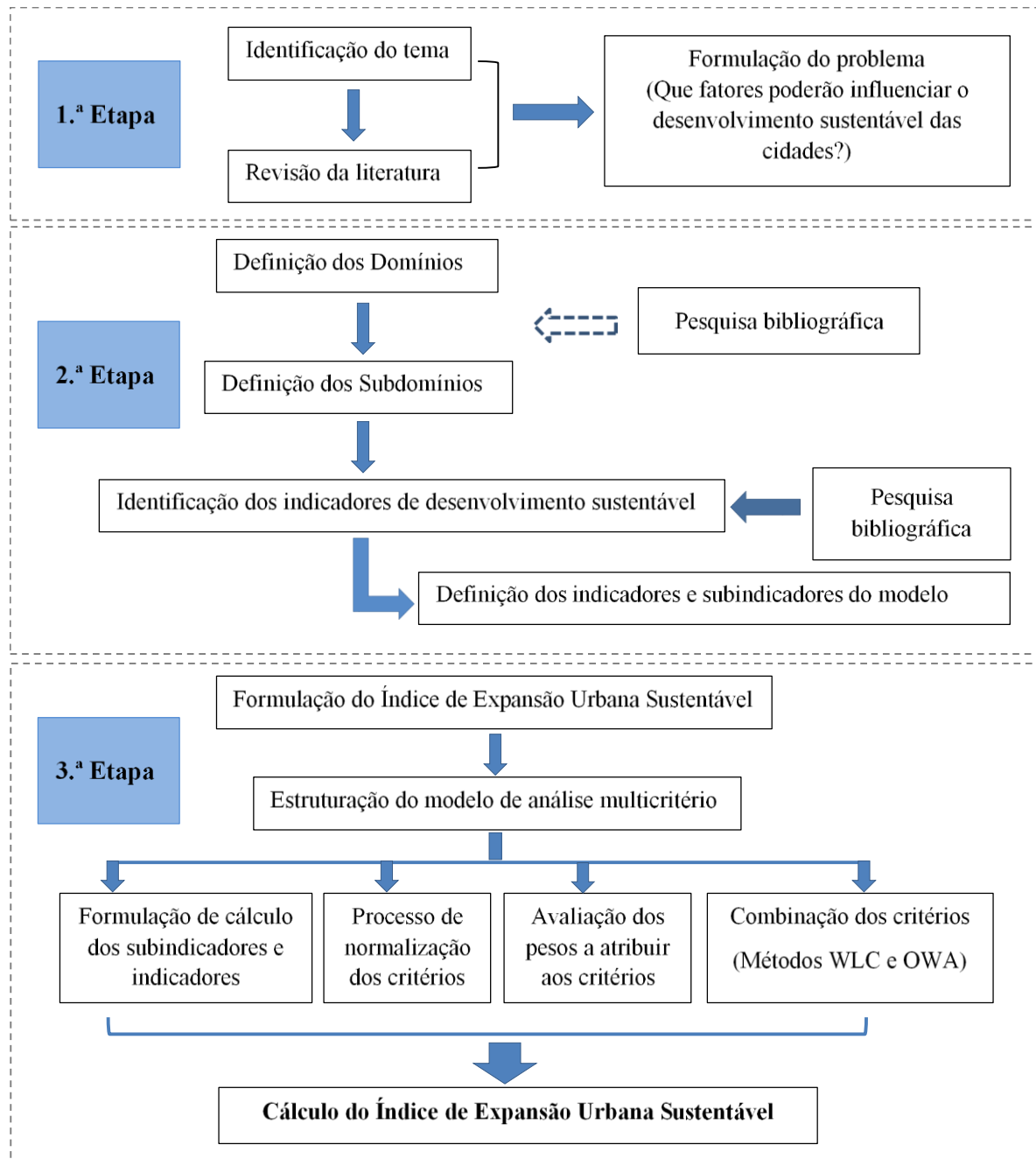


Figura 1.1 – Primeira, segunda e terceira etapas da metodologia de investigação

Na Figura 1.2 apresenta-se o fluxograma da aplicação do modelo a um caso de estudo, referente à quarta etapa da metodologia de investigação.

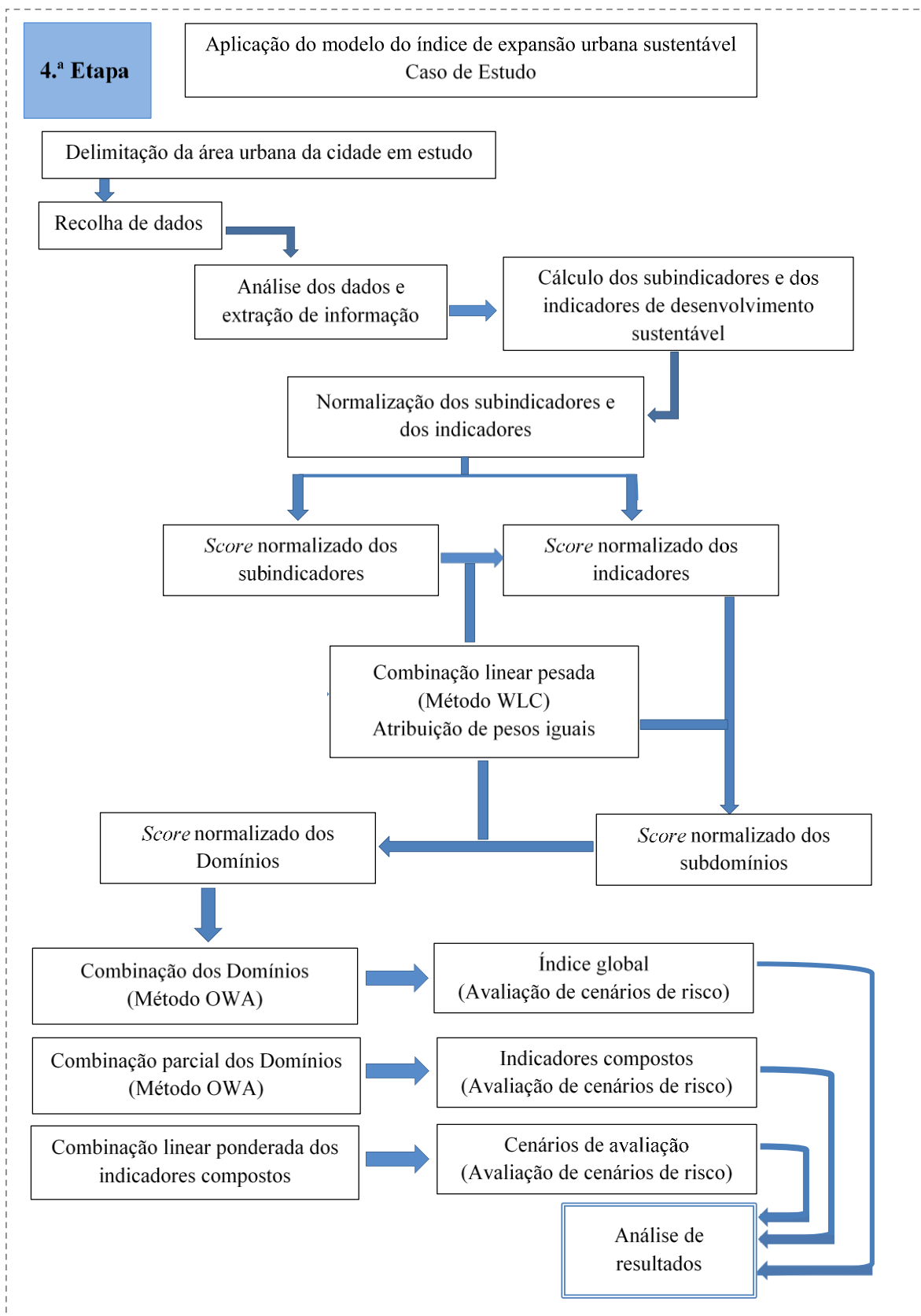


Figura 1.2 – Quarta etapa da metodologia de investigação

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais são naturalmente finitos, impondo uma gestão adequada e de acordo com as dimensões da sustentabilidade. Os impactos produzidos pela expansão urbana (EEA, 2017b) de baixa densidade (MAOTE, 2015), quer sejam ambientais sobre as áreas ecologicamente sensíveis, ou sobre a sociedade e a economia, agravados pela parca gestão dos recursos ambientais e naturais são um problema das cidades atuais, cujo rápido crescimento conduziu à desorganização do espaço urbano e consequente desordenamento do território. O aparecimento de áreas urbanas dispersas (Marques *et al.*, 2009) provoca o consumo excessivo de recursos naturais, a alteração das características do solo pela extensiva ocupação e consequente impermeabilização, reduz a biodiversidade e altera os ecossistemas. Este modelo de expansão urbana é a causa de vários problemas das cidades em todo o mundo e conduz ao consumo excessivo de solo urbano. O *sprawl* urbano (EEA, 2017b) é caracterizado pelo espalhamento da cidade e da sua área construída e está associado a problemas de organização das áreas urbanas. Naturalmente, o desenvolvimento das áreas urbanas não segue os padrões do desenvolvimento urbano sustentável, comprometendo as necessidades futuras.

A rápida urbanização das cidades (EEA, 2006; MAOTE, 2015) tem conduzido ao aumento excessivo das áreas construídas, localizadas de forma dispersa, originando congestionamento de tráfego, condicionamentos ambientais e sociais, redução de espaços verdes, diminuição da qualidade de vida e volubilidade económica (Black, 1996; MAOTE, 2015). Em muitos casos, o desenvolvimento da cidade ocorre de forma desigual, disperso, direcionado para o exterior e com tendência para a descontinuidade (EEA, 2006). O surgimento de novas áreas urbanas, a expansão das redes de infraestruturas (MAOTE, 2015), básicas ou de transporte, o aumento da fragmentação do território e da impermeabilização do solo, são fatores que criam um efeito de barreira degradando as funções ecológicas dos *habitats* naturais (EEA, 2006). Associado a estes fatores surge quase sempre o incremento na utilização do veículo

privado e o aumento das viagens pendulares diárias (MAOTE, 2015), o que agrava as emissões de gases poluentes e o ruído resultante do tráfego. Outro grande problema associado ao crescimento urbano desorganizado relaciona-se com situações de risco e vulnerabilidade do território (EEA, 2006; MAOTE, 2015; PNPOT, 2007), ficando os solos mais suscetíveis à ocorrência de acidentes com origem em fenómenos naturais, como inundações, derrocadas, deslizamento de solos, etc.. Segundo a Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2017b) a urbanização generalizada na Europa é um fenómeno relativamente recente, estimulado pela revolução industrial e conseqüente mudança na sociedade, caracterizado por *sprawl* urbano em toda a Europa ao longo dos últimos 50 anos (EEA, 2006). Em conseqüência, as áreas urbanas reúnem um conjunto de problemas (MAOTE, 2015; UN, 2002) de carácter ambiental, social e económico, onde o congestionamento (de tráfego, pessoas e construções), poluição, elevados consumos de recursos e de energia, a produção de resíduos e as emissões de gases com efeito de estufa, são já o padrão habitual das condições ambientais em que as populações urbanas sobrevivem. A expansão urbana e o desenvolvimento urbano transformam as propriedades do solo, reduzindo a sua capacidade para desempenhar as suas funções essenciais. Esses impactos são evidentes na extensão da compactação de solos, levando à perda de funções; à impermeabilização dos solos; à perda da biodiversidade dos solos; e à redução da capacidade do solo funcionar como sumidouro de carbono (EEA, 2006).

De acordo com EEA (2017b) um dos objetivos do desenvolvimento sustentável é transformar as cidades em locais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Conseqüentemente, a avaliação do *sprawl* urbano segundo os parâmetros do desenvolvimento sustentável, deve promover a gestão sustentável dos recursos ambientais e naturais e a aplicação de medidas socioeconómicas, no sentido de melhorar a qualidade de vida da comunidade urbana. Por conseguinte, é importante que as conseqüências da intensificação do uso do solo para a gestão sustentável do solo e dos ecossistemas (EEA, 2017b) sejam melhor compreendidas.

Globalmente, a maioria da população mundial já vive em centros urbanos, devendo manter-se esta tendência ao longo deste século (EEA, 2017b). O crescente crescimento urbano influenciará o uso do solo, criando novos desafios para a subsistência urbana. Neste sentido, a Assembleia Geral das Nações Unidas criou a Nova Agenda Urbana (UN, 2016) orientada para estabelecer padrões globais de desenvolvimento urbano sustentável e repensar a forma como se constrói, administra e se vive as cidades.

As ferramentas de avaliação da sustentabilidade baseadas em indicadores (Dizdaroglu, 2017; Pérez *et al.*, 2018) são instrumentos fundamentais, que fornecem informações para apoiar

políticas e tomadas de decisão. Assim, os indicadores são necessários para monitorizar a implementação das políticas e dar o retorno necessário, de modo a alcançar o estado desejável de desenvolvimento urbano sustentável.

Várias fontes (Adelle e Pallemmaerts, 2009; Dizdaroglu, 2017; Gomes *et al.*, 2000; Marcelino *et al.*, 2007; Vilão *et al.*, 2009) indicam os indicadores de desenvolvimento sustentável como indispensáveis para fundamentar a tomada de decisão, nos mais diversos níveis e finalidades de gestão, ao nível do desenvolvimento local, regional e nacional, constituindo instrumentos de informação que facilitam o apoio à decisão. Deste modo, permitem estruturar uma ferramenta útil para auxílio à elaboração de políticas urbanas e avaliação das políticas previamente implementadas. A integração de indicadores de desenvolvimento sustentável num único modelo, envolvendo medidas relacionadas com o *sprawl* urbano, permite analisar o comportamento da expansão urbana seguindo uma abordagem que promova a sustentabilidade. Neste sentido, pode também auxiliar na análise dos impactos sobre o uso e ocupação solo urbano, de forma a que sejam tomadas decisões associadas ao planeamento e ordenamento do território.

Os modelos de análise multicritério, quando implementados em Sistemas de Informação Geográfica constituem modelos espaciais de apoio à decisão, agregando diversos critérios em diferentes formatos. A organização do modelo seguindo a abordagem do processo analítico hierárquico (Saaty, 1980, Saaty, 1987,) constitui um modelo de decisão (Saaty, 2008), que inclui a avaliação e a ordenação de todos os critérios dentro de cada nível. A agregação dos critérios segundo as regras de decisão estabelecidas e de acordo com os objetivos a atingir conduzem a um resultado transparente que facilita a análise do problema e a tomada de decisões. Neste âmbito, é possível avaliar o modelo do crescimento urbano, os seus impactos ambientais, sociais e económicos de forma a auxiliar à gestão sustentável do território.

Realizou-se a revisão bibliográfica no contexto das temáticas descritas, a qual se apresenta ao longo deste Capítulo, o qual está estruturado em quatro Secções. A primeira Secção constitui a presente Introdução. A segunda Secção aborda aspetos relacionados com as problemáticas do território como: o conceito de áreas urbanas e a configuração do crescimento urbano; o *sprawl* urbano nas cidades europeias e em particular em Portugal; o desenvolvimento urbano sustentável; indicadores de desenvolvimento sustentável como fatores relevantes para a avaliação da expansão urbana. A terceira Secção faz referência a metodologias para a implementação dos indicadores de desenvolvimento sustentável, constituindo modelos espaciais de análise multicritério. É destacado o contributo dos modelos de análise multicritério

na avaliação da sustentabilidade urbana nas zonas de expansão das cidades. Na quarta e última Secção apresentam-se algumas conclusões sobre os temas desenvolvidos no Capítulo.

2.2 PROBLEMÁTICAS DO TERRITÓRIO

No relatório do Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT, 2007) são identificados um conjunto de problemas relacionados com o ordenamento do território, agrupados nos seguintes domínios: *a)* “insuficiente salvaguarda e valorização dos recursos naturais e ineficiente gestão de riscos”; *b)* “expansão urbana desordenada e correspondentes efeitos na fragmentação e desqualificação do tecido urbano e espaços envolventes”; *c)* “ineficiência e insustentabilidade ambiental e económica nos domínios dos transportes e da energia”; *d)* “insuficiência das infraestruturas e sistemas de apoio à competitividade, conectividade e projeção internacional da economia do país”; *e)* “inadequação da distribuição territorial de infraestruturas e de equipamentos coletivos face às dinâmicas de alteração do povoamento e das necessidades sociais”; *f)* “ausência de uma cultura cívica de ordenamento do território e ineficiência dos sistemas de informação, planeamento e gestão territorial”. Estas preocupações mantêm-se atuais, conforme provam os documentos da alteração do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT, 2018a, 2018b, 2018c), onde se refere que as políticas públicas não travaram os processos de expansão urbana, tendo as periferias crescido muitas vezes desqualificadas, não garantindo a proximidade às populações do mínimo de serviços; a dinâmica construtiva não foi condicionada pela oferta de transportes coletivos, contribuindo para o aumento dos movimentos pendulares e o incremento exponencial dos consumos energéticos nos transportes, derivados do intenso uso do automóvel. Como é reconhecido no PNPOT (2018a) o padrão de transformação do uso do solo nos últimos dez anos evidencia a continuidade do aumento de territórios artificializados, embora a ritmo mais reduzido devido à crise económica e financeira que condicionou o mercado imobiliário. Assim, e como indica o PNPOT (2018b) é fundamental monitorizar e qualificar o processo de urbanização em Portugal para a melhoria da qualidade urbana, devendo o ordenamento do território, o planeamento urbano e o urbanismo contribuir para a valorização dos espaços urbanos, com a resolução das deficiências estruturais dos territórios urbanos descontínuos, fragmentados e dispersos. Na Agenda para o Território (PNPOT, 2018c) que constitui o Programa de Ação 2030 do PNPOT podem ser consultadas as medidas identificadas como estratégias de ação inerentes aos desafios territoriais, de modo a concretizar o Modelo Territorial esquematizado. Neste âmbito, destaca-se a referência à necessidade de conter as áreas destinadas a urbanização ou edificação fora das áreas urbanas existentes, pela colmatação

de vazios urbanos e ocupação de solos expectantes, pelo aproveitamento de solos ocupados por urbanização e edificação incompleta e abandonada, pela contenção da edificação dispersa e isolada e regeneração urbana pela organização dos sistemas de mobilidade sustentável. Conforme é referido em PNPOT (2018c) “os processos de qualificação do ambiente urbano e a reabilitação dos espaços públicos constituem um dos grandes desafios da próxima década, considerando o modo como as infraestruturas e o edificado foram instalados no território”. De acordo com esta fonte, as práticas de planeamento devem admitir a complexidade dos sistemas urbanos, a possibilidade de experimentação em função das especificidades e dos contextos urbanos e da diversidade de expectativas de qualidade de vida e bem-estar das populações. Consta-se, deste modo que, o nível de coesão territorial (EEA, 2006), o impacto da fragmentação do uso do solo decorrente da extensiva infraestruturização (MAOTE, 2015; PNPOT, 2018a) cria um efeito de barreira, degradando as funções ecológicas dos *habitats* naturais (EEA, 2006), assim como a excessiva expansão urbana condiciona a qualidade de vida e a saúde da comunidade urbana. As situações de risco e vulnerabilidade do território (MAOTE, 2015), decorrentes da excessiva expansão urbana, são outro dos problemas que deve ser equacionado no planeamento e gestão do território (PNPOT, 2007, 2018c). Deste modo, as políticas de ordenamento do território devem refletir uma visão de desenvolvimento urbano, nas quais as considerações de cariz ambiental e social estejam plenamente integradas, desde a identificação dos problemas e a conceção de políticas até às fases de implementação e avaliação *a posteriori* (EEA, 2006).

Perante o exposto, é fundamental adotar medidas corretivas e adequadas a uma melhor gestão do território para garantir a sua sustentabilidade, em particular do território urbano. Esta ação envolve o conhecimento das causas do problema, para que sejam corrigidas ou evitadas, e o uso de ferramentas de apoio ao planeamento urbano e à gestão territorial. A Carta de Leipzig (UE, 2007) adotada em maio de 2007 na reunião informal dos Ministros responsáveis pelo Desenvolvimento Urbano e Coesão Territorial, define o modelo de políticas urbanas para a Europa do Século XXI. Este documento recomenda que as cidades europeias promovam programas de desenvolvimento urbano integrado (EEA, 2017b; MAOTE, 2015), como principal instrumento de planeamento. Como defende Wu (2007) o planeamento integrado é essencial para monitorizar e entender os sistemas urbanos, em especial as alterações no uso do solo e respetivo ambiente físico. Também Ramos e Silva (2007) referem que, como auxílio ao processo de planeamento do território, é fundamental perceber, caracterizar e modelar a expansão urbana. Este tipo de modelação permite identificar a utilização dada a diversos recursos intrínsecos e caracterizar as múltiplas infraestruturas existentes (Jat *et al.*, 2008).

Contudo, a modelação por si não resolve os problemas de ordenamento territorial, sendo por isso importante a adoção de políticas de expansão urbana assentes numa organização territorial equilibrada, baseada numa estrutura policêntrica (PNPOT, 2007, 2018a, 2018b, 2018c; UE, 2007) suportada por políticas integradas que combinam as vertentes de análise espacial, setorial e temporal, que envolvem agentes externos à administração e a participação ativa dos cidadãos na definição do seu espaço imediato de vida (UE, 2007).

Em 1998 foi criada em Portugal uma estrutura legislativa unificada para o sistema de ordenamento do território, designado por Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT, 2007), com intenção de torná-lo mais sensível às rápidas mudanças das condições económicas e sociais (UN, 2002). A Lei n.º 48/98 de 11 de agosto estabelece as bases da política de ordenamento do território e de urbanismo criando a Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e Urbanismo (DR, 1998). Em 2007 esta Lei foi revogada pela Lei n.º 54/2007 de 31 de agosto, tendo sido a primeira alteração à Lei n.º 48/98. Posteriormente em 2014, também a Lei n.º 54/2007 foi revogada pela Lei n.º 31/2014 de 30 de maio na qual se estabelece a Lei de Bases Gerais da Política Pública de Solos, de Ordenamento do Território e de Urbanismo. A primeira alteração à Lei n.º 31/2014 ocorreu em 2017, com a publicação da Lei n.º 74/2017 de 16 de agosto. Toda esta estrutura legislativa tem por objetivo traçar as ações da Administração Pública para assegurar uma adequada organização e utilização do espaço, ordenado de forma a atingir um desenvolvimento sustentável integrado, de um modo económico, social, cultural e ambiental. Em Portugal, as responsabilidades para o ordenamento do território assentam no governo nacional, embora certas responsabilidades sejam delegadas aos departamentos governamentais descentralizados, a nível regional e governos locais (corpos municipais eleitos) com poder de decisão e responsabilidades na determinação do desenvolvimento local (UN, 2002).

No âmbito das políticas para o ordenamento do território e urbanismo, destacam-se alguns dos objetivos definidos pela Lei de Bases Gerais da Política Pública de Solos, de Ordenamento do Território e de Urbanismo (DR, 2014) para a Gestão Territorial (Artigo 37º), por irem ao encontro dos objetivos estabelecidos para esta Tese: “A adequação dos níveis de densificação urbana, impedindo a degradação da qualidade de vida, bem como o desequilíbrio da organização económica e social”; “A rentabilização das infraestruturas, evitando a extensão desnecessária das redes e dos perímetros urbanos e racionalizando o aproveitamento das áreas intersticiais”; “A reabilitação e a revitalização dos centros históricos e dos elementos de património cultural classificados, bem como do respetivo parque habitacional em detrimento de nova construção”; “Promover a acessibilidade de todos os cidadãos aos edifícios, bem como

aos espaços públicos e de uso coletivo”; “A recuperação e regeneração reconversão de áreas degradadas”; “A prevenção e redução de riscos coletivos”; “A preservação e defesa de solos com potencialidade para aproveitamento com atividades agrícolas, pecuárias ou florestais, de conservação da natureza, de turismo e lazer, de produção de energias renováveis ou de exploração de recursos geológicos, de modo a que a afetação daqueles solos a outros usos se restrinja às situações em que seja efetivamente necessária e se encontre devidamente comprovada”. Neste sentido, é essencial a aplicação de medidas que reduzam a atribuição do solo para o uso urbano e conseqüente impermeabilização, de modo a reverter a situação, preservando o solo e respetivas atividades.

Conforme referido em EEA (2017b), atualmente a proporção da população que vive em áreas urbanas, baseada no grau de urbanização, é de 72% (EC, 2016), estimando-se que em 2050 seja aproximadamente de 80%. No período de 1990 a 2012 observou-se na Europa um aumento contínuo das áreas construídas (EEA, 2017b). No entanto, no período de 2006-2012 registou-se uma diminuição no crescimento das áreas construídas, relativamente ao período de 2000-2006 (EEA, 2017b).

Em Portugal, o crescimento urbano registado nas últimas décadas teve como pressupostos um sistema jurídico associado às políticas fiscais, de solo e de acesso à habitação, atualmente desajustadas, cujos efeitos dificilmente poderiam ser contrariados apenas por processos formais de ordenamento do território e de planeamento regional, mesmo que adaptadas à situação portuguesa (MAOTE, 2015). No entanto, a crise económico-financeira dos últimos anos criou a oportunidade de se resolverem as distorções que atualmente se verificam no acesso à habitação e na estabilização do crescimento urbano, permitindo repensar adequadamente a criação de novos equilíbrios nas áreas edificadas (MAOTE, 2015). Na prossecução desta estratégia, o Guia Orientador para a Revisão do PDM elaborado pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (Grego e Gabriel, 2016) refere que a ponderação e a redefinição dos perímetros urbanos deve ser suportada em indicadores demonstrativos da situação existente para o município, resultando na reclassificação do solo rústico em solo urbano, para o caso da expansão urbana, e na reclassificação do solo urbano em solo rústico, para o caso da retração urbana.

O *sprawl* urbano, entendido como o aumento das áreas construídas e artificiais, consiste num processo de desenvolvimento espacial associado a vários efeitos ecológicos, económicos e sociais, resultando no uso ineficiente do solo e de outros recursos (EEA, 2017b). Mesmo em locais onde a pressão populacional é reduzida ou nula, há uma diversidade de fatores que continuam a motivar essa expansão, os quais têm a sua origem no desejo de colocar em prática

novos estilos de vida em ambientes suburbanos (EEA, 2006). A preferência por habitações unifamiliares com espaço exterior ajardinado é um dos motivos que leva as famílias a preferir a periferia urbana (Christiansen e Loftsgarden, 2011; EEA, 2006, 2017b). Também alguns problemas identificados nos centros das cidades (MAOTE, 2015), relacionados com a pobre qualidade ambiental, problemas sociais, questões de segurança, falta de zonas verdes e espaços para a prática de desporto, são fatores que fazem com que muitas famílias prefiram viver fora da cidade, intensificando-se a segregação social (EEA, 2006). A dispersão residencial e o desenvolvimento das atividades económicas, em parte ligadas ao desenvolvimento das redes de transportes, o desenvolvimento das infraestruturas urbanas, a melhoria das ligações de transportes e da mobilidade pessoal, são causas intrínsecas da expansão das cidades.

A avaliação da captura de solo para uso urbano pode apoiar na análise quantitativa do processo de expansão urbana, inerente à migração dos habitantes urbanos para empreendimentos residenciais de baixa densidade localizados em áreas suburbanas e periurbanas, anteriormente com ocupação rural (EEA, 2017b).

2.2.1 O conceito de área urbana

O solo urbano é definido como solo artificializado, coberto por áreas construídas ou uso urbano (OECD, 2013). De um modo geral, na Europa, as cidades fluem de forma impercetível para além das fronteiras municipais (EEA, 2006), podendo a forma urbana ser vista a partir de diferentes escalas geográficas e classificadas em vários níveis, como área metropolitana, cidade ou bairro (Tsai, 2005). Para alguns países, um município é considerado urbano quando atinge um determinado limiar de população, sendo considerados os limites administrativos do município como a delimitação formal da cidade, independentemente da atual estrutura dos aglomerados. Também assim pode ser definido quando a cidade tem um determinado estatuto administrativo, como por exemplo ser uma capital regional, situando o foco principal da cidade na sua importância no sistema institucional e político, como um centro de tomada de decisão pública (ESPON, 2006). Para cada país, a definição da cidade surgiu de acordo com "a natureza e a história da sua população urbana, bem como as suas estruturas políticas e administrativas para o controlo do uso do solo" (EUROSTAT, 1992). No sistema urbano português, as cidades pequenas e de média dimensão (*Small and Medium-Sized Towns* - SMESTOs) poderiam ser consideradas como "centros de fomento ao desenvolvimento das áreas vizinhas", chamados de cidades âncora (ESPON, 2006).

O urbano é visto como o oposto do rural. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, em colaboração com a União Europeia, desenvolveu uma

definição harmonizada de áreas urbanas como "unidades económicas funcionais" (OECD, 2013). As cidades assumem-se cada vez mais como motores do crescimento económico, da competitividade e do emprego, constituindo-se como o principal foco da atividade socioeconómica e das pressões associadas, e dos impactos sobre o meio ambiente, a qual não pode ser gerida de forma isolada das forças e decisões que se geram bem para além das fronteiras da cidade (EEA, 2006). Segundo Batista e Marques (2010) para entender a complexidade da urbanização é necessário não só analisar as formas espaciais, mas também buscar compreender a construção social e económica do ambiente urbano.

De acordo com a definição apresentada na Conferência Europeia dos Ministros responsáveis pelo Ordenamento do Território do Conselho da Europa (CE, 2011) uma área urbana está fisicamente integrada numa cidade de grande ou média dimensão, caracterizada por uma elevada percentagem de superfície construída, grande densidade populacional, emprego e redes importantes de infraestruturas de transportes e outros. As áreas urbanas também podem incluir áreas verdes não construídas, geralmente utilizadas para fins recreativos. Segundo ESPON (2006) o território urbano, ou região urbana, pode ser dividido em três partes: o centro urbano, definido como o núcleo da região urbana; o anel interior, que corresponde às áreas que são adjacentes ao centro urbano; e o anel exterior, que corresponde aos limites exteriores da região urbana, frequentemente com aglomerados mais dispersos que as outras duas áreas mencionadas.

Referindo as cidades como eixos de desenvolvimento policêntrico (MAOTE, 2015), o conceito de cidade segundo ESPON (2006) é como uma Área Urbana Funcional (*Functional Urban Area* – FUA) baseada no pressuposto de que os limites espaciais da cidade podem ser assimilados com os do mercado de trabalho, o qual é organizado em torno dela. Esta abordagem revelou, porém, as suas limitações, uma vez que conduz a uma abordagem do tipo escala única dos fenómenos urbanos.

As cidades podem ser definidas usando as fronteiras administrativas ou regiões censitárias, sendo os dados disponíveis geralmente referenciados às características dessas áreas (Borruso, 2003). Segundo Abrantes *et al.* (2010) a delimitação político-administrativa deve refletir a continuidade territorial, mas, principalmente ser homogénea através da aceitação da temporalidade que os dados estatísticos geralmente mostram. Em ESPON (2006) são identificadas três abordagens principais para delimitar a cidade, reconhecidas em toda a Europa: a "abordagem administrativa" que define áreas urbanas com base no estatuto jurídico ou administrativo dos municípios; a "abordagem morfológica", define áreas urbanas com base na extensão e/ou continuidade da área urbana, o número de habitantes, a proporção da área do

município coberto por aglomerados urbanos; a "abordagem funcional" que define áreas urbanas com base em interações entre uma área central, que pode ser definida de acordo com critérios morfológicos, e as áreas vizinhas. Os fluxos pendulares diários são o parâmetro central a este respeito, uma vez que refletem a existência de um mercado de trabalho comum. As três abordagens mostram o quão difícil pode ser definir e delimitar uma área urbana ou cidade. A distância máxima entre edifícios (ESPON, 2006) mede a densidade dos aglomerados e determina se um edifício deve ser incluído num aglomerado ou não, de modo a definir a área urbana construída. O critério de continuidade da área construída (Drobne *et al.*, 2014) também pode ser usado para demarcar as áreas com uso de solo urbano, ou para medir a progressão geográfica de tipos de aglomerados urbanos. Em países da OCDE, a definição de áreas urbanas (OECD, 2013) usa a densidade populacional para identificar núcleos urbanos, e o fluxo de viagens de/para o trabalho para identificar as zonas urbanas interiores cujo mercado de trabalho é altamente integrado com os núcleos.

2.2.2 Configuração do crescimento urbano

A expansão para a construção é um processo dinâmico do tipo espaço-temporal (Dong *et al.*, 2016), durante o qual tanto a expansão espacial como os seus promotores mudam no tempo e no espaço. Os aglomerados urbanos (Ferreira *et al.*, 2010; Schøning *et al.*, 1999) são entendidos como parte do uso do solo urbano, os quais incluem outras categorias (OECD, 2013), como: regiões metropolitanas, vilas e cidades, aldeias, os desenvolvimentos ao longo de autoestradas, transportes, comunicações, energia e infraestruturas ambientais, áreas de negócios, centros comerciais e indústrias, que podem ser separadas por outras áreas urbanas (Drobne *et al.*, 2014). De acordo com Schøning *et al.* (1999) a definição de aglomerado urbano é criado principalmente com o objetivo para o uso em estatísticas demográficas e análises, de forma a traçar as concentrações da população. A definição não é, assim, muito precisa quando o objetivo é precisamente definir os limites e a área relacionada com a concentração de população. Para Costa *et al.* (2010) e Ferreira *et al.* (2010), citando outros autores, a área urbana morfológica é definida como um conjunto de áreas urbanas que se distanciam entre si menos de 200 metros. Assim, a definição da forma urbana não é um assunto trivial, particularmente na definição do centro urbano (Borruso, 2003). De acordo com este autor, alguns investigadores têm estudado o problema sobre a definição da forma espacial da cidade e levantaram a hipótese da existência de um Centro de Negócios (*Central Business District – CBD*) e outras áreas funcionais (ou setores) em torno do centro da cidade (Taaffe *et al.*, 1996), tais como áreas comerciais e residenciais, ou em outros casos, áreas culturais ou administrativas, as quais

podem ser percebidas, mas não facilmente delimitadas. Como consequência, a forma percebida e o limite de uma cidade altera de acordo com as experiências pessoais. Por conseguinte, é difícil definir limites consistentes de uma cidade como um todo, bem como outros tipos de limites dentro das mesmas cidades. Portanto, o problema da definição correta da forma de uma cidade existe, tendo em conta a separação entre as áreas urbanas e não urbanas, além de que certas áreas no interior do ambiente urbano também precisam de ser definidas (Borruso, 2003).

A evolução populacional é a variável explicativa mais imediata para a fundamentação da evolução das áreas urbanas (Carranca e Castro, 2011). Citado por Ramos e Silva (2007) o *Office of Management and Budget* (1998) refere que "a densidade de população residente pode servir como substituto para outras medidas de atividade, na ausência de conjuntos de dados nacionais consistentes e fiáveis que descrevam todas as deslocações diárias e semanais dos indivíduos". O critério da densidade populacional é muitas vezes usado com a finalidade de definir aglomerados urbanos ou a forma urbana (Kasanko *et al.*, 2006; Zhao, 2011). Mas, um único critério não pode ser suficiente para retratar a forma urbana e delimitar as áreas urbanas. Além da densidade populacional, outros critérios ou métricas devem ser utilizados. Para medir o crescimento urbano Zhao (2011) usou como indicadores, o crescimento populacional, o crescimento da habitação e o crescimento de desenvolvimento industrial. A área construída (Kasanko *et al.*, 2006; Costa *et al.*, 2009) é também utilizada como medida para tratar a forma urbana. Outros autores (Carrasco e Puebla, 2014; Costa *et al.*, 2010) utilizaram a densidade da rede rodoviária como critério para definir a área urbana morfológica. Ferreira *et al.* (2010) usaram a identificação em Sistemas de Informação Geográfica dos edifícios existentes e incorporaram na análise a rede de estradas, equipamentos sociais e restrições fisiográficas (várzeas ou encostas íngremes), como um método para a delimitação de áreas urbanas consolidadas. Costa *et al.* (2009) recorreram a métricas espaciais para avaliar a ocupação urbana na Área Metropolitana de Lisboa (AML), as quais representam as características morfológicas da forma urbana e as relações espaciais entre as manchas que a compõem. Para Ramos e Silva (2007) a combinação de ferramentas e técnicas de estatística espacial e a modelação espacial, pode ser usada para construir modelos de apoio à definição das regiões urbanas. Outros exemplos de métodos seguidos por vários autores para delimitar as áreas urbanas podem ser referidos. A delimitação dos aglomerados urbanos pode basear-se nos registos administrativos, em dados relativos à distribuição de edifícios e população residente (Schøning *et al.*, 1999), métodos baseados nos Censos nacionais relativos à população e densidade populacional (Drobne *et al.*, 2014; ESPON, 2006; OECD, 2013; Tombolini *et al.*, 2015), baseados na rede viária e número de ruas (Borruso, 2003) ou baseados na distância entre edifícios e densidade de

edifícios (EEA, 2006; ESPON, 2006; Drobne *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2010; Ferreira e Condessa, 2012; Schøning *et al.*, 1999).

O modelo do crescimento urbano define a forma urbana, sendo também importante para identificar as melhores métricas para avaliar a sustentabilidade do desenvolvimento urbano. De acordo com Dong *et al.* (2016) existem três modelos de crescimento urbano: compacto, expansão para fora e crescimento disperso. De modo a favorecer o desenvolvimento urbano sustentável, para Wei e Zhang (2012) a cidade compacta define-se como um aglomerado urbano de grande densidade que tem as seguintes características principais: revitalização da sua área central, desenvolvimento de alta densidade, desenvolvimento do uso misto e facilidade de acesso a serviços e instalações, por exemplo, hospitais, parques, escolas e instalações de lazer. Para estes autores, a cidade compacta ou consolidação urbana, reflete a ideia de intensificar áreas construídas para mitigar a fragmentação espacial (Bouaaichi, 2013) e, simultaneamente, separar essas áreas usando espaços verdes. De acordo com vários autores citados por Tsai (2005), as áreas urbanas compactas são definidas como: de grande densidade ou desenvolvimento monocêntrico; alguma concentração do emprego e da habitação, bem como alguma mistura de usos do solo; a intensidade para a qual o desenvolvimento é agrupado, minimizando a quantidade de solo desenvolvido por superfície (km²). Tanto a forma monocêntrica, como a policêntrica podem ser compactas. Para atingir a meta pretendida da cidade compacta, é condição necessária, mas não suficiente, uma mais elevada densidade populacional. Por outras palavras, a alta densidade populacional não garante a sustentabilidade urbana e ambiental (Williams, 2000). Para Abrantes *et al.* (2010) as áreas consolidadas suburbanizadas são entendidas como áreas contíguas aos centros das cidades que se desenvolveram numa fase inicial da expansão da cidade.

De acordo com ESPON (2006) a área construída contínua (Drobne *et al.*, 2014) pode ser considerada como "urbano" se a população agregada excede um determinado valor limiar. Os valores utilizados para definir este limiar diferem amplamente entre os países europeus. Em países que utilizam uma abordagem morfológica (ESPON, 2006), as áreas construídas contínuas são muitas vezes aproximadas aos limites administrativos ou estatísticos. As delimitações formais das áreas urbanas são, deste modo, realizadas com base nestes limites aproximados. No entanto, de acordo com OECD (2013) nem todas as zonas urbanas da OCDE são caracterizadas pela contiguidade das áreas construídas. Muitas destas áreas urbanas estão a desenvolver-se de forma policêntrica, acolhendo elevados núcleos densamente habitados, fisicamente separados, mas economicamente integrados. Consequentemente, os padrões de urbanização estão em mudança progressiva em direção a caminhos de expansão individual,

valorizando os fatores específicos locais em detrimento dos processos de escala regional (Tombolini *et al.*, 2015).

2.2.3 *Sprawl* urbano

A definição de *sprawl* urbano não reúne consenso na literatura (Jaeger *et al.*, 2009), sendo apontado como um termo ambíguo e largamente explorado por vários autores (Batista e Marques, 2010; EEA, 2006; Salvati e Morelli, 2014; Tombolini *et al.*, 2015; Tsai, 2005; Zeng *et al.*, 2014), entre outros. No entanto, os vários pontos de vista e as diferentes interpretações podem, segundo Arribas-Bel *et al.* (2011), enriquecer a sua análise. Christiansen e Loftsgarden (2011) referem que apesar das várias definições há denominadores comuns a todas elas, que são a baixa densidade urbana e a inoperância da definição de uma estrutura territorial com base no uso do solo.

O termo *sprawl* urbano possui a sua génese associada à Revolução Industrial (Christiansen e Loftsgarden, 2011) e ganhou especial relevância após a Segunda Guerra Mundial (Arribas-Bel *et al.*, 2011; Christiansen e Loftsgarden, 2011; Jaeger *et al.*, 2009). São apontadas como as principais causas para o aparecimento do fenómeno (Arribas-Bel *et al.*, 2011; EEA, 2006): a intensa migração humana dos meios rurais para os meios urbanos na procura de trabalho e melhores condições de vida, a necessidade de viver em áreas verdes circundantes à cidade (face às raízes dos novos habitantes da cidade e a menores custos do solo), a procura de lotes para construção mais económicos, o desenvolvimento assistemático da área urbana e sem qualquer objetivo de construir uma paisagem humanizada e com identidade, o crescimento urbano desordenado e frequentemente desregulado, a construção de segundas residências, a preferência por habitações unifamiliares, problemas sociais e ambientais existentes nos centros das cidades.

Segundo Hasse (2007) o termo *sprawl* é muitas vezes usado de forma incorreta como sinónimo de crescimento urbano. De acordo com este autor, deve ser feita a distinção entre um modelo de crescimento urbano inteligente e um modelo de *sprawl*, considerando ainda que o *sprawl* é diferente de lugar para lugar e que pode ser agrupado em pelo menos três categorias distintas, relacionadas com: *sprawl* urbano, *sprawl* suburbano e *sprawl* rural. O *sprawl* pode ser identificado como um modelo de desenvolvimento urbano não tradicional, reconhecido mais recentemente em algumas cidades europeias (EEA, 2006; Kasanko, *et al.*, 2006).

A expansão urbana extensiva ou em mancha de óleo (CE, 2011), descrita espacialmente como *sprawl* urbano (Meneses, 2010) está normalmente associada ao crescimento urbano não planeado e ao menor controlo do uso do solo, caracterizado pela baixa densidade de usos do

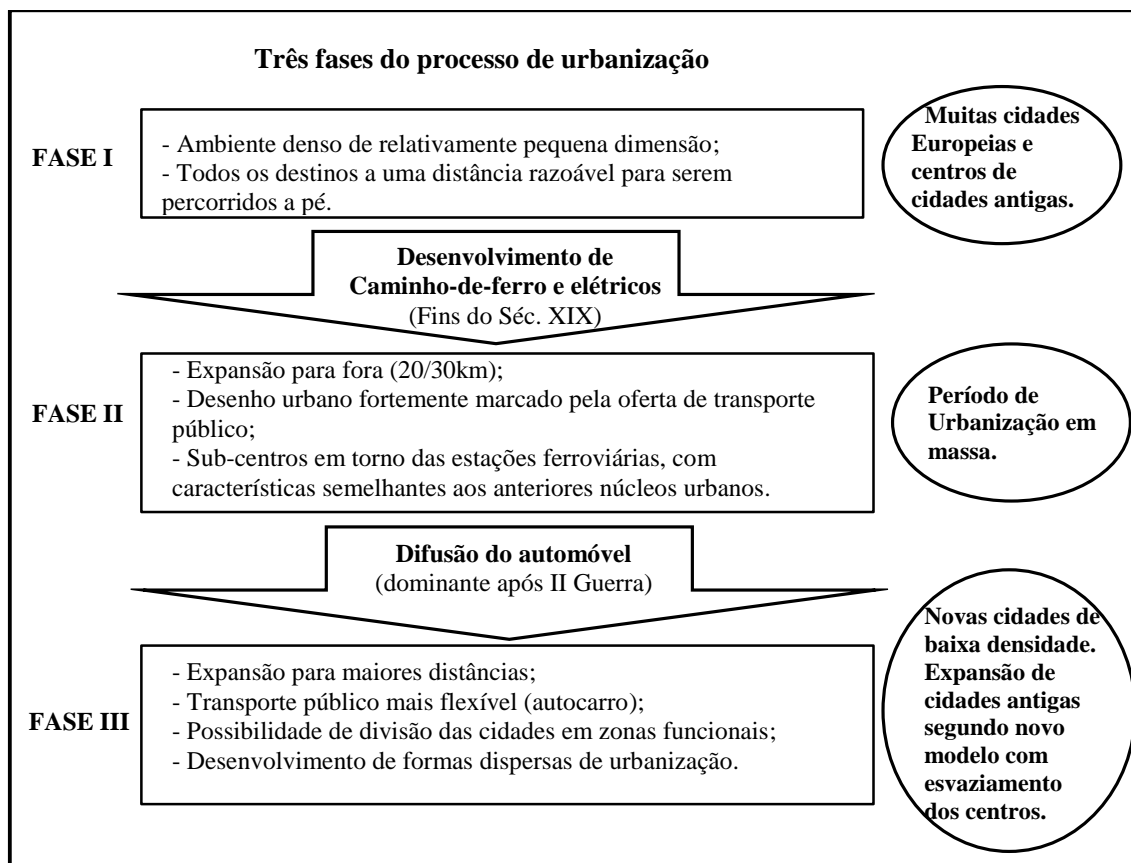
solo mistos na franja urbana (EEA, 2006) e consequente desordenamento do território (CE, 2011; Christiansen e Loftsgarden, 2011; EEA, 2006; Hasse, 2007). Assim, o fenómeno de *sprawl*, caracterizado pelo espalhamento da cidade (Hasse, 2007) e da sua área construída, conduz frequentemente à desorganização do espaço urbano e ao consumo excessivo e desapropriado dos recursos e das infraestruturas de apoio. Em EEA (2006) descreve-se o *sprawl* como o modelo físico de expansão de baixa densidade de grandes áreas urbanas sob algumas condições de mercado, nomeadamente em torno das áreas agrícolas. Deste modo, o crescimento urbano ocorre através da difusão não planeada de áreas edificadas de baixa densidade, principalmente em áreas periurbanas e/ou rurais, de forma fragmentada, descontínua ou linear (Batista e Marques, 2010). Por conseguinte, *sprawl* urbano é a designação normalmente usada para cobrir uma ampla gama de modelos de crescimento urbano e está associado ao crescimento de áreas construídas sem um crescimento demográfico correspondente (MAOTE, 2015).

Segundo a Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2006), o *sprawl* urbano é o fenómeno que, para uma dada área e período de tempo, ocorre quando o rácio de afetação do solo para uso urbano excede o crescimento da população, promovendo uma utilização de baixa densidade urbana. Com refere esta fonte, as cidades europeias em meados da década de 1950 eram mais compactas e menos dispersas do que atualmente, registando-se a partir de meados desta década, em média um aumento da expansão das cidades europeias de 78%, enquanto que a população cresceu apenas 33% (DR, 2015; EEA, 2006, 2017b). Mesmo não havendo pressão exercida pelo crescimento da população, outros fatores conduzem à expansão urbana, não se verificando reversão desta tendência (EEA, 2017b). Batty *et al.* (2003) referem ainda que o *sprawl* urbano em cidades europeias de média dimensão está normalmente associado à profusão de espaço disponível na periferia urbana, servindo de incentivo à preferência por moradias unifamiliares. O reduzido custo dos terrenos agrícolas na periferia relativamente às áreas urbanizadas no centro da cidade e os baixos custos pendulares, são outros fatores importantes e a ter em conta como causas do *sprawl* urbano (Christiansen e Loftsgarden, 2011; EEA, 2006). Constata-se deste modo, que na Europa urbanizada o processo de crescimento urbano foi alimentado pela procura de áreas habitacionais suburbanas com baixa densidade, pela busca de uma segunda residência (DR, 2015) de lazer e para equipamentos turísticos. Os impactos mais visíveis da expansão urbana registam-se em países ou regiões com grande densidade populacional e relevante atividade económica como: a Bélgica, a Holanda, as regiões Sul e Oeste da Alemanha, o Norte de Itália e a região de Paris. Estes impactos também são visíveis em regiões com rápido crescimento económico, particularmente em países ou regiões que beneficiaram das políticas regionais da União Europeia, como: a Irlanda, Portugal, a região Este da Alemanha e a região

de Madrid (EEA, 2006). Regiões como a costa Mediterrânea sofreram um aumento de 10% na impermeabilização do solo durante a década de 1990. Além disso, a água da chuva que cai em solos impermeabilizados é fortemente poluída pelos detritos dos pneus causados pelo atrito, por poeiras e altas concentrações de metais pesados, que, quando lavados em rios degradam o sistema hídrico (EEA, 2006). Os novos modelos de desenvolvimento podem também ser observados à volta de pequenas cidades ou em zonas rurais, ao longo dos corredores de transporte, e ao longo de muitas partes da costa, normalmente ligadas a vales fluviais. Este último é exemplificado pelo chamado “T invertido” do *sprawl* urbano ao longo do vale do rio Ródano até à costa do mar Mediterrâneo (EEA, 2006).

A transição da forma compacta para formas em *sprawl* e policêntricas tornou-se um padrão comum em diversas áreas do Mediterrâneo. A periferia do Mediterrâneo, anteriormente compacta e relativamente distinguível das zonas rurais em muitos aspetos (em particular, pelas disparidades de densidade populacional), tende a dispersar e a diluir-se caoticamente com os seus arredores ainda vazios ou rurais (Salvati e Morelli, 2014). Ao longo das regiões costeiras da Europa o desenvolvimento contínuo difuso deve-se ao maior crescimento da população. Durante o período de 1990-2000, a urbanização no litoral cresceu cerca de 30% mais rápido do que em zonas do interior, com taxas de crescimento de 20% a 35% nas zonas costeiras de Portugal, Irlanda e Espanha (EEA, 2006). Como consequência desta tendência, as cidades europeias tornaram-se muito menos compactas. As zonas densas da cidade compacta foram substituídas por blocos de apartamentos, moradias isoladas ou casas geminadas. Mais de 90% das áreas residenciais construídas após a segunda metade da década de 1950 são de baixa densidade, com menos de 80% do solo coberto por edifícios, estradas e outras estruturas (EEA, 2006).

Na Europa, antes do surgimento dos sistemas de transporte modernos as cidades eram tradicionalmente de configuração muito mais compacta, desenvolvendo um núcleo histórico com forma densa (EEA, 2006). O esquema apresentado na Figura 2.1 mostra de que forma o processo de urbanização e dispersão urbana pode resultar de forma direta da evolução dos sistemas de transporte ocorrida ao longo do último século e meio (finais do século XIX até ao presente).



Adaptado de: Ribeiro *et al.*, 2010

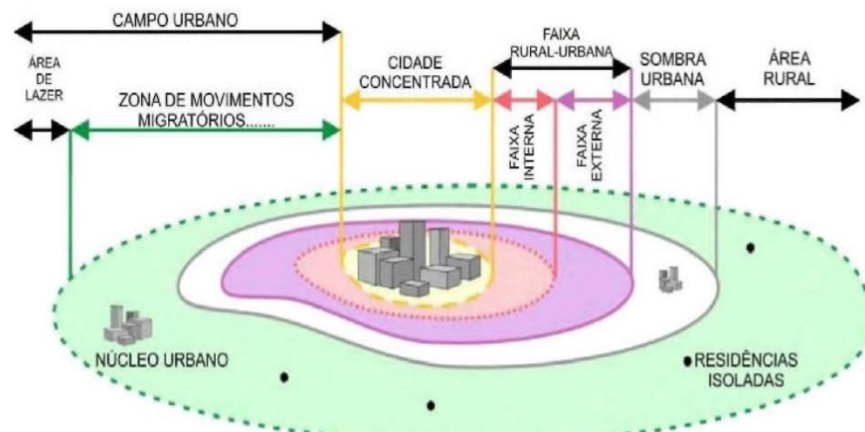
Figura 2.1 – Desenvolvimento urbano e tecnologia de transportes

Deste modo, os sistemas de transportes e o incremento na sua utilização, a um nível individual, potenciaram a possibilidade de que as cidades crescessem de forma dispersa. O fenómeno de *sprawl* urbano pode então relacionar-se com o aumento do uso do transporte privado, incentivado pelas melhorias da rede viária. No entanto, segundo Batty *et al.* (2003) será difícil perceber qual é que originou qual. Se uma melhor rede viária contribuiu para o afastamento do núcleo urbano ou se o *sprawl* obrigou ao uso do veículo privado.

A análise e a quantificação do *sprawl* devem utilizar escalas apropriadas, referindo alguns autores (Jat *et al.*, 2008; Bhatta *et al.*, 2010) que o modelo de Entropia de Shannon pode ser utilizado para medir o nível espacial de concentração ou dispersão de variáveis geográficas inerentes ao *sprawl* urbano, apurando-se desta forma se a ocupação do solo na cidade é do tipo compacta ou dispersa. Outro modelo também referido por Bhatta *et al.* (2010) para a análise da forma urbana é o modelo estatístico do *Qui-Quadrado* de Pearson. Arribas-Bel *et al.* (2011) estabeleceram duas classes conceptuais relacionadas com o *sprawl* urbano: morfologia urbana e composição interna. A primeira categoria, inclui como variáveis a dispersão do desenvolvimento urbano, a conectividade da área e a disponibilidade de espaços verdes (espaços vazios); a segunda categoria reúne três variáveis: a densidade, a descentralização e o

uso misto do solo, as quais representam aspetos relacionados com a distribuição da população. Hasse (2007) comparou o modelo racional de crescimento urbano com o modelo de *sprawl*, tendo para o efeito criado um conjunto de 12 índices geoespaciais de *sprawl* urbano, desenhados especificamente para fornecer informação das características consideradas problemáticas ou disfuncionais para o desenvolvimento individual. A partir deste estudo demonstrou que o *sprawl* consome mais recursos por indivíduo do que o modelo racional.

Como já exposto, o *sprawl* urbano surge principalmente nas periferias, promove zonas de baixa densidade urbana e ocorre normalmente em zonas da franja urbana (Fernandes, 2008), também designadas por áreas periurbanas (CE, 2011), onde se misturam diferentes tipos de usos do solo e onde os meios urbanos e rurais se associam e por vezes não possuem uma identidade própria. As zonas da franja urbana são muitas vezes negligenciadas em termos do processo de planeamento do território urbano e acabam por ficar sujeitas à ameaça do crescimento urbano e a políticas inconsistentes de ordenamento do território (SURF, 2012). Estas áreas localizam-se essencialmente na proximidade imediata das áreas urbanas consolidadas, podendo também corresponder a aglomerados residenciais localizados em paisagens rurais (CE, 2011) e são fruto dos processos de suburbanização e da crescente expansão urbana. Conforme apresentado em Fernandes (2008) podem distinguir-se três tipos de coroas periurbanas, diferenciadas pelo grau de evolução e intensidade dos processos (Figura 2.2). A 1.^a Coroa - *Franja rural-urbana ou periurbana*, subdivide-se em franja interna (solo rural totalmente convertido em urbano) e franja externa (solo de uso rural predominante, com elementos urbanos); a 2.^a Coroa – *Sombra urbana*, é uma área ocupada por habitações rurais e caracterizada pela presença dos que trabalham na cidade; a 3.^a Coroa – *Área rural*, é onde a influência urbana decorre da presença de habitações secundárias. Na Figura 2.2 apresenta-se a representação destas coroas periurbanas.



Fonte: Fernandes (2008)

Figura 2.2 – Coroas periurbanas

É impreterível estudar o nível de *sprawl* nas áreas periféricas da cidade, de forma a incentivar a reabilitação das zonas urbanas consolidadas em vez da aprovação de novas construções na sua periferia. Para tal, é essencial delimitar as áreas urbanas existentes (Ferreira *et al.*, 2010) de forma a segregar o núcleo urbano central e consolidado das restantes áreas urbanas periféricas. Perante as alterações do uso do solo, a dificuldade de delimitar fisicamente o rural relativamente ao urbano é maior nas áreas periurbanas (von der Dunk *et al.*, 2011) pelo facto de serem consideradas áreas intermediárias, entre o efetivamente urbano e o claramente rural, refletindo-se este aspeto nas seguintes dimensões: mistura de usos do solo (agrícola, industrial e serviços); existência de áreas naturais protegidas e ameaçadas pelo impacto da urbanização; uso crescente de solo agrícola como solo urbano ou urbanizável (Fernandes, 2008).

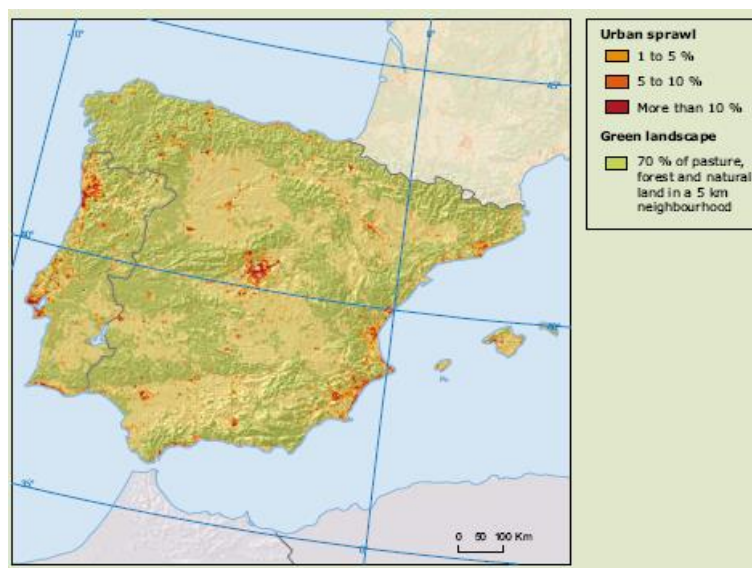
A configuração e causas associadas ao *sprawl* diferem consoante as especificidades de cada cidade (Arribas-Bel *et al.*, 2011; Christiansen e Loftsgarden, 2011), pelo que as medidas aplicadas para o seu controlo devem ser adequadas à região e às dimensões de expansão. O *sprawl* urbano, representado pela expansão urbana em mancha de óleo (CE, 2011), caracteriza-se por múltiplos padrões de uso do solo, como o zonamento monofuncional, as comunidades dependentes do automóvel, uma fraca intensidade de uso do solo mas com uma escala de desenvolvimento superior às áreas urbanizadas mais antigas (vias mais amplas, lojas maiores, parques de estacionamento de maiores dimensões) e a falta de diversidade em termos de conceção, criando a sensação de ambiente urbano uniforme. Relativamente à sua distribuição espacial, o *sprawl* pode apresentar padrões distintos, nomeadamente crescimento de baixa densidade contíguo à franja urbana, crescimento por *leapfrog* não contínuo à franja urbana e *ribbon sprawl* (Christiansen e Loftsgarden, 2011; Meneses, 2010). De acordo com o que é apresentado em (Meneses, 2010), o *sprawl* de baixa densidade consome grandes áreas de terreno ao longo das periferias das cidades, sendo suportado pela extensão das infraestruturas urbanas básicas. O crescimento por *leapfrog* consiste num padrão descontínuo de urbanização, traduzindo-se em edificação exterior aos limites da cidade concentrada, intervalada por terreno não urbanizado, resultando em densidades inferiores ao crescimento contíguo. O *leapfrog* constitui o tipo de crescimento mais dispendioso em termos de infraestruturas urbanas. O *ribbon sprawl* caracteriza-se por crescimento urbano que surge ao longo das estruturas rodoviárias para fora das cidades, criando uma ramificação da cidade ao longo desses eixos infraestruturantes do território.

Segundo Zeng *et al.* (2014) uma abordagem do tipo *bottom-up* pode ser a mais operacional para conter o *sprawl* urbano, colocando os pontos fortes na elaboração das políticas e sua implementação.

2.2.3.1 O *sprawl* urbano em Portugal

A saída das populações para as cidades, em Portugal, não pode ser comparada com o tipo de movimento observado em outras regiões do mundo mais seriamente afetados pela seca. No entanto, o fluxo constante de população para as cidades, especialmente as cidades ao longo da faixa costeira, causa sérios problemas tanto na origem do movimento da população como no seu destino: terras abandonadas no país e os respectivos efeitos nos recursos naturais e paisagem; excesso de população em cidades, com ilações diretas no equilíbrio ecológico, biodiversidade e ambiente (UN, 2002).

Em Portugal, à semelhança de outros países da Europa, foi principalmente a partir da década de 1950 que alguns territórios têm sido cada vez mais transformados pelo crescimento urbano e pelos processos relacionados (Batista e Marques, 2010). O crescimento das áreas urbanas está ligado à continuação do processo de “reequilíbrio territorial” de um país antes fortemente ruralizado, o qual se desenvolveu desde o grande êxodo rural das décadas de 1950-1970, da forte industrialização e terciarização da economia e do afluxo de portugueses das ex-colónias ultramarinas, na década de 1970 (MAOTE, 2015). Mais recentemente, entre 1990 e 2000, o desfasamento entre a expansão urbana e a evolução demográfica no país foi particularmente notório, quando comparado com a generalidade do contexto europeu (DR, 2015). Portugal tem experimentado alguns dos mais rápidos aumentos do desenvolvimento urbano da União Europeia, centrado em torno de grandes cidades e no litoral. De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2006), para o período entre 1990 e 2000, a existência de *sprawl* urbano em torno de algumas cidades portuguesas é notória (Figura 2.3). O desenvolvimento urbano em Portugal é concentrado em torno das duas áreas metropolitanas, Lisboa e Porto, ao longo da linha de costa a partir de Lisboa/Setúbal até ao Porto/Viana do Castelo, e mais recentemente ao longo da costa do Algarve. Em 2000, 50% das áreas urbanas de Portugal continental foram localizadas numa faixa de 13km da costa, uma área que representa apenas 13% da área total de solo. Dadas as persistentes e elevadas pressões urbanas ao longo do litoral, essas zonas estão sujeitas a um desenvolvimento especial e a medidas legais (EEA, 2006). Pela análise da Figura 2.3, verifica-se que este fenómeno não é exclusivo dos grandes centros urbanos, registando-se também em centros urbanos mais pequenos.



Fonte: EEA, 2006

Figura 2.3 – Existência de *sprawl* urbano em torno de cidades de Portugal e ao longo da respetiva linha de costa (1990-2000)

A análise do desenvolvimento espacial das maiores cidades portuguesas revelou formas específicas de espalhamento urbano (Salvati e Morelli, 2014), onde existe frequentemente casos em que a urbanização cresce, embora a população diminua (Ferreira e Condessa, 2012). Segundo EEA (2006) o padrão predominante da urbanização residencial é do tipo difuso, adjacentes ou desconectados dos centros urbanos concentrados. A expansão residencial é, em média, responsável por mais de 45% da transformação do solo em áreas artificiais em zonas do litoral.

Meneses (2010), comprovou a existência de *sprawl* urbano em Portugal Continental, tendo registado no período entre 1991-2001 um aumento dos níveis de *sprawl*. O estudo desenvolvido por este autor baseou-se na definição do *sprawl* urbano através de cinco indicadores que traduziam a densidade habitacional, o crescimento urbano superior ao demográfico, a fragmentação, a dispersão e a irregularidade da geometria urbana. Concluiu que as regiões Norte e Centro foram as mais afetadas nessa década.

O crescimento das periferias de muitos aglomerados populacionais, onde as habitações são em regra mais amplas e menos dispendiosas, conjugado com o envelhecimento e a depressão demográfica que tende a afetar regiões que há poucas décadas eram florescentes, promoveu um progressivo declínio dos centros urbanos (MAOTE, 2015). As periferias urbanas em algumas cidades de Portugal caracterizam-se por uma elevada densidade construtiva, com infraestruturas muitas vezes incipientes e sem desafogo de vistas e paisagem (MAOTE, 2015). Fruto da promoção de novas construções, as áreas urbanas atingiram grandes dimensões, tendo

ficado vazias nos seus centros. O fenómeno do alargamento dos perímetros urbanos e, muitas vezes da construção dispersa e desordenada, consumiu recursos, prejudicou o potencial ambiental e produtivo do solo, criou áreas urbanas desqualificadas, com um custo acrescido no reforço das infraestruturas e equipamentos, assim como custos ambientais e sociais inerentes a um aumento dos movimentos pendulares, baseados fundamentalmente no transporte individual. Assim, o problema que numa primeira fase aparentava ser um problema setorial, estendeu-se para outros domínios como, a economia, o ambiente, a mobilidade e a própria inclusão social (MAOTE, 2015). A dispersão e a fragmentação dos espaços urbanos geraram desequilíbrios para os cidadãos e para a sociedade, criando excedentes e também custos elevados de exploração e de manutenção dos sistemas urbanos. Uma das patologias que afeta o território, em alguns setores e regiões, é o sobredimensionamento das redes de equipamentos e de infraestruturas com custos desmesurados que lhes estão associados e sem correspondência com as necessidades (DR, 2015). Segundo a resolução do Conselho de Ministros n.º61/2015 (DR, 2015) o padrão de ocupação urbano extensivo originou sérios problemas de eficiência e sustentabilidade, o que constitui agora um dos principais desafios para as políticas urbanas. É necessário estabilizar o crescimento urbano, repensar adequadamente os seus perímetros e criar novos equilíbrios nas áreas edificadas, contrariando a saída da população dos centros das cidades (MAOTE, 2015), a degradação das suas periferias, a urbanização avulsa e a edificação dispersa.

2.2.4 Desenvolvimento Urbano Sustentável

A primeira definição de desenvolvimento sustentável surgiu em 1987 e foi proposta pela *World Commission on Environmental and Development*, sendo também aquela que reúne maior consenso até à data e é enunciada da seguinte forma: “*Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*” (EUROSTAT, 2009; Tanguay *et al.*, 2010). Inicialmente integrava três dimensões: ambiental, social e económica (Marsden, 2008). Mais recentemente foi introduzida uma quarta dimensão e o conceito de sustentabilidade passou a agregar quatro dimensões: ambiental, social, económica e administrativa ou institucional (Shen *et al.*, 2011; Yigitcanlar e Dur, 2010; Zilans e Abolina, 2009).

Ao vincular o desenvolvimento económico, a proteção do ambiente e a justiça social, o desenvolvimento sustentável visa a melhoria contínua da qualidade de vida e bem-estar para as gerações presentes e futuras, e, portanto, diz respeito a todos os cidadãos da União Europeia, bem como de todo o mundo (EUROSTAT, 2009). A operacionalização do desenvolvimento

sustentável envolve sete áreas problemáticas (UN, 2002; EUROSTAT, 2009): alterações climáticas/energias renováveis; saúde pública/potenciais riscos de saúde; conservação e gestão dos recursos naturais/aumento da pressão nos recursos vitais; inclusão social, demografia e migração; pobreza global e desafios do desenvolvimento sustentável; transporte sustentável, usos e organização do solo/congestionamento e poluição; consumo e produção sustentáveis.

Desde a Cimeira da Terra realizada no Rio de Janeiro, Brasil, em 1992, a União Europeia tem desempenhado um papel de liderança no apoio à ideia de um desenvolvimento equilibrado e sustentável (EUROSTAT, 2009), envolvendo não apenas a dimensão ambiental mas também a social e a económica (UN, 2002). No Conselho Europeu de Cardiff em 1998, reafirmou-se o compromisso de integrar as preocupações ambientais nas outras políticas da União Europeia (EUROSTAT, 2009). Em 1999 o Conselho Europeu convidou a Comissão Europeia a apresentar uma proposta de estratégia a longo prazo que integrasse políticas para o desenvolvimento sustentável económico, social e ecológico. Este foi o início do processo que acabaria por levar à adoção da "Estratégia da União Europeia para o Desenvolvimento Sustentável" (EU SDS) em 2001 no Conselho Europeu de Gotemburgo (Adelle e Pallemmaerts, 2009; EUROSTAT, 2009), seguido pelo Livro Branco da Comissão Europeia sobre a governação e uma comunicação sobre a contribuição da União Europeia para o desenvolvimento global sustentável, que foram aprovadas no Conselho Europeu de 2002 em Barcelona (EUROSTAT, 2009). Estes passos lançaram as bases para a contribuição da União Europeia para a Cimeira Mundial de 2002 sobre o Desenvolvimento Sustentável, em Joanesburgo (UN, 2002).

A realização dos objetivos para a estratégia do desenvolvimento sustentável depende de um processo complexo de transformação social para o qual são necessários garantir a transição de modelos não sustentáveis para modelos sustentáveis de produção e consumo. Cada processo necessita de ser estudado em toda a sua complexidade de acordo com os objetivos da estratégia do desenvolvimento sustentável, para garantir que a procura do desenvolvimento sustentável inclui não apenas projetos de “suporte à decisão a curto prazo”, mas também contribui para o desenvolvimento de “conceitos visionários a longo prazo” (Adelle e Pallemmaerts, 2009).

As ações para Portugal relacionadas com o desenvolvimento sustentável são apresentadas numa lista extensiva (UN, 2002), identificando os principais objetivos a serem alcançados e organizados à volta das 4 dimensões do desenvolvimento sustentável: institucional, ambiental, social e económico.

De forma resumida, apresenta-se na Tabela 2.1 os temas elencados para cada uma das dimensões de sustentabilidade (UN, 2002).

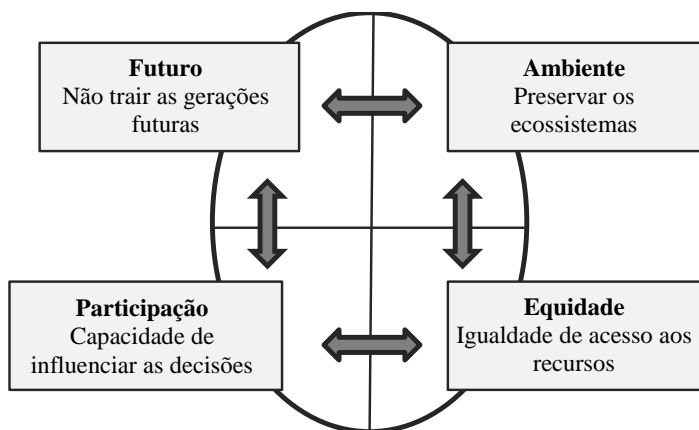
Tabela 2.1 – Temas elencados às dimensões de desenvolvimento sustentável

| Dimensão de desenvolvimento sustentável | Temas elencados |
|--|--|
| Institucional | <ul style="list-style-type: none"> - Governança e instituições. - Cooperação bilateral e internacional. |
| Ambiental | <ul style="list-style-type: none"> - Atmosfera e alterações de clima. - Biodiversidade. - Desertificação e seca. - Oceanos, recursos marinhos e zonas de costa. - Áreas urbanas e planeamento do uso do solo. - Recursos naturais. - Águas do solo e ecossistemas relacionados. - Floresta. - Resíduos. |
| Social | <ul style="list-style-type: none"> - Saúde e bem-estar. - Demografia (migração e envelhecimento da população). - Pobreza e exclusão social. - Emprego e formação profissional. - Participação, acesso à informação ambiental e educação. |
| Económica | <ul style="list-style-type: none"> - Políticas macroeconómicas. - Comércio internacional. - Energia. - Turismo. - Transporte. - Agricultura e floresta. - Pesca. - Indústria. |

A definição de desenvolvimento sustentável envolve quatro princípios (Deakin e Curwell, 2004): ambiente, equidade, participação e futuro. Estes princípios têm um fim claro, distinto e estratégico para o desenvolvimento urbano e o ambiente construído. Dizem respeito ao uso do solo, à arquitetura, conservação de monumentos, transportes e infraestruturas, habitação, edifícios comerciais e instalações públicas. A realidade espacial dos atuais centros urbanos consiste numa mistura complexa de construções existentes e sistemas de infraestruturas e transportes desenvolvidos ao longo do tempo. A Figura 2.4 apresenta os quatro princípios associados ao desenvolvimento sustentável.

Segundo a resolução do Conselho de Ministros (DR, 2015), os conceitos de desenvolvimento urbano sustentável e de desenvolvimento sustentável estão fortemente ligados, implicando uma perspetiva ampla que abrange os domínios fundamentais do desenvolvimento: económico, social, ambiental, cultural e de governança. Tendo em conta que uma proporção cada vez maior da população portuguesa vive em áreas urbanas, as cidades encontram-se numa posição privilegiada para contribuir para o desenvolvimento sustentável (MAOTE, 2015). O desenvolvimento sustentável está, portanto, inexoravelmente dependente

do desenvolvimento urbano sustentável. Considerando em particular, a complexidade intrínseca dos sistemas urbanos, o desenvolvimento urbano sustentável constitui uma abordagem de integração por excelência, que atenta em particular nas inter-relações que se estabelecem entre os vários domínios da sustentabilidade e do desenvolvimento, e que observa as diferentes dimensões territoriais estratégicas da política de cidades (intraurbana, cidade-região e interurbana).



Adaptado de: Deakin e Curwell (2004)

Figura 2.4 – Quádruplo da definição de desenvolvimento sustentável

No âmbito do plano de formação ambiental, Portugal desenvolveu algumas ações relativas à recolha de dados, observação sistemática e observações meteorológicas. As alterações climáticas têm particular importância em Portugal. Segundo UN (2002) a vulnerabilidade do possível aumento dos níveis das águas do mar e a intensificação do fenómeno de desertificação e seca formam duas das mais sérias potenciais ameaças. Para identificar as áreas mais suscetíveis de estimular a desertificação e assim verificar a suscetibilidade dos solos portugueses, foram definidos três índices, cada um deles refletindo diferentes formas de ação de diferentes fatores no processo da desertificação: índice climático, índice de perda de solo, índice de seca. A combinação dos três índices num índice de suscetibilidade para a desertificação mostra que as áreas mais suscetíveis para a desertificação correspondem a algumas partes do interior do Alentejo e partes do Norte do país (11%). Existe um risco moderado de desertificação em 60% do território português. Esta situação é difícil de contrariar devido ao irregular abastecimento de água e à falta de população em algumas regiões do interior de Portugal (UN, 2002). O Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT, 2007) refere que um espaço sustentável e bem ordenado deve traduzir-se na valorização dos recursos, do ambiente e do seu património, no ordenamento do uso do solo

e na prevenção dos riscos. Conforme referido em UN (2002) a falta de água potável e respetivas consequências para a qualidade da saúde e da alimentação da comunidade, a generalizada perda da biodiversidade, a deflorestação incontável, a intensificação do processo de desertificação e erosão dos solos, o incremento de situações de risco e acidentes, o aumento de substâncias perigosas no ambiente e a dificuldade em controlar as fontes de poluição, têm como principal origem o processo acelerado de urbanização, sob o forte crescimento das alterações climáticas e consequentes catástrofes naturais (UN, 2002). Segundo Hasna (2007), a sustentabilidade agrega todas as dimensões relacionadas com a qualidade de vida do Homem, pelo que as cidades devem atender eficientemente a essas dimensões. Em 2001 a *Sustainable Development Communications Network* (SDCN, 2001) definiu o desenvolvimento urbano sustentável como “o desenvolvimento que agrupa as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras”. Segundo Dur *et al.* (2009) o desenvolvimento urbano sustentável é constituído por quatro peças que se complementam: a forma urbana, o sistema de transporte, as infraestruturas e o ambiente. Martins *et al.* (2007) referem que as cidades são ambientalmente sustentáveis se forem capazes de desenhar soluções eficientes de ordenamento, de mobilidade, de construção, de recuperação e de reciclagem dos seus recursos materiais. Entre os objetivos da sustentabilidade ao nível do desenho urbano, encontra-se a definição e a implementação de políticas efetivas através da formulação de planos (DR, 2014), com vista a gerir recursos e a subministrar serviços em ambiente urbano (Yang, 2007). De acordo com Mega e Pederson (1998), a sustentabilidade urbana está indissociavelmente ligada a um capital urbano natural, físico e humano. Por outro lado, o metabolismo urbano pode ser entendido como um processo económico ou de produção, o qual conduz os fluxos de entrada (materiais, produtos, energia, trabalho) para os fluxos de saída (produtos, serviços).

Uma cidade sustentável (Mega e Pederson, 1998) é aquela que consegue equilibrar o progresso económico, ambiental e sociocultural através da participação ativa dos seus cidadãos. Pode também ser definida como uma invenção contínua de novas oportunidades, assemelhando-se à juventude em si, à capacidade de inovação a qual é um recurso não esgotável, uma sede permanente para o desconhecido, a busca de algo melhor (Mega e Pederson, 1998). Por outro lado, conforme referido em Deakin e Curwell (2004) a cidade insustentável foi definida por Ekins e Cooper (1993) como: um ambiente degradado e poluído, com infraestruturas sobrecarregadas ou degradadas e ineficientes, a qual é inaceitavelmente prejudicial ao bem-estar humano, uma economia que deixou de ser capaz de suportar as expectativas da população, quer na “criação de riqueza” quer na qualidade de vida, e uma

sociedade que se tornou disfuncional, resultando no aumento do *stress* e do medo do crime, a alienação, altos índices de criminalidade e conseqüente emigração.

O desenvolvimento urbano sustentável envolve um processo de adaptação do ambiente construído ao longo do tempo de forma a suportar os padrões mais sustentáveis de vida e de trabalho. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento urbano sustentável deveria reconhecer que a realização das metas de sustentabilidade urbana (Deakin e Curwell, 2004) pode estender-se para além das fronteiras da cidade (a pegada ecológica), o que implica que o planeamento e o desenvolvimento urbano sustentável requerem um portfólio mais equilibrado de medidas políticas.

Um número de fatores comuns e importantes emergem, os quais representam os princípios fundamentais do desenvolvimento urbano sustentável (Deakin e Curwell, 2004). Assim, o desenvolvimento urbano sustentável é uma relação, não um conceito absoluto; é um processo, não um resultado final; relaciona considerações de integridade ecológica, equidade, participação e futuro do processo de desenvolvimento urbano; refere-se ao planeamento, ao desenvolvimento da propriedade, ao projeto, à construção e aos setores operacionais do processo de desenvolvimento urbano; deve integrar questões ambientais, económicas e sociais subjacentes ao processo de desenvolvimento urbano e sustentabilidades das cidades. A integração de questões subjacentes ao processo de desenvolvimento urbano e sustentabilidade de cidades prossegue dentro de um dado contexto institucional. Estes pontos fornecem os termos de referência necessários para estruturar as questões relevantes e conduzem a uma formulação de protocolos necessários, não só para obter o desenvolvimento urbano sustentável, mas os decisores diretos para as avaliações necessárias. A boa governação é necessária para criar igualdade de acesso aos recursos com a participação social e meios judiciais de reforma, os quais fazem parte do quadro institucional necessário para apoiar o desenvolvimento sustentável (Deakin e Curwell, 2004).

2.2.5 Avaliar o *sprawl* urbano numa perspetiva de desenvolvimento sustentável

Segundo Tombolini *et al.* (2015) a gestão sustentável do solo urbano necessita cada vez mais de considerar a diversidade dos processos ligados à dispersão urbana como um elemento da complexidade urbana, baseado na relação íntima e espacialmente variável entre a morfologia da cidade e as suas funções. O crescimento urbano transcende a simples ocupação do solo, acarretando problemas que se fazem sentir direta ou indiretamente sobre o meio ambiente, a sociedade, a economia (Tombolini *et al.*, 2015) e conseqüentemente sobre o nível de sustentabilidade da cidade. Segundo Christiansen e Loftsgarden (2011) existem quatro forças

condutoras do *sprawl* urbano: economia, sociedade, transportes e administração política. Desta forma, o *sprawl* urbano tem impactos ambientais, sociais e económicos sendo que alguns dos impactos mais visíveis se verificam em países ou regiões com crescimento económico rápido ou beneficiaram de políticas de incentivo ao crescimento económico, como é o caso de Portugal (Christiansen e Loftsgarden, 2011; EEA, 2006). Os impulsionadores do *sprawl* urbano e os seus impactos estão totalmente interligados e são fundamentais para o conceito de desenvolvimento sustentável e a visão dos ecossistemas associados ao funcionamento da cidade e áreas contíguas. A interligação dos impactos representa alguns dos maiores desafios para o desenho de soluções para combater os problemas da expansão urbana (EEA, 2006). Os impactos ambientais produzidos pelo *sprawl* urbano sobre as áreas ecologicamente sensíveis são evidentes em zonas de costa e de montanha. A construção obriga à remoção da superfície do solo o que pode desequilibrar as bacias hidrográficas e a paisagem, contribuindo para a perda da diversidade biológica, a integridade e produtividade do ecossistema, bem como a degradação dos solos e respetiva erosão (EEA, 2006). Mesmo onde o avanço urbano sobre as áreas naturais e protegidas é minimizado, o impacto indireto da fragmentação do solo causado pelas infraestruturas de transporte ou outro tipo de infraestruturas urbanas cria um efeito de barreira que degrada as funções ecológicas dos *habitats* naturais (EEA, 2006). Face a estas alterações, as zonas urbanas ficam mais vulneráveis a problemas geológicos, aumentando assim o risco de ocorrerem acidentes com origem em fenómenos naturais. A vulnerabilidade das zonas urbanas a problemas geológicos gera custos para a sociedade, variando desde os grandes riscos, como erupções vulcânicas, terremotos, inundações, deslizamento de terras e derrocadas, até aos riscos menores, como os movimentos locais das argilas em fundações. Em zonas de costa existem riscos relacionados com o aumento do nível do mar e com as inundações. A gestão destes riscos e a implementação de planos de adaptação (EEA, 2006) é dificultada pela matriz de ocupação humana do território, principalmente devido ao fenómeno de *sprawl* urbano. A predominância do uso do carro, a extensão dos sistemas de transportes, as maiores distâncias das viagens para a recolha de resíduos urbanos e a respetiva deposição nas estações de tratamento, aumenta o consumo de energia, contribui para o aumento das emissões de CO₂ e, conseqüentemente para o agravamento do efeito de estufa e o aquecimento global (EEA, 2006). Entre os fatores que mais influenciam as emissões de CO₂ estão o tipo de via, a extensão dos sistemas de transportes e a divisão modal entre transportes públicos e privados (EEA, 2006). Desta forma, diretamente sobre o Homem, o *sprawl* urbano contribui para a fraca qualidade do ar e para os elevados níveis de ruído, o que condiciona a qualidade de vida e a saúde da comunidade. Numa perspetiva social, o *sprawl* contribui para a segregação social (EEA, 2006), de acordo com o

nível de vida associado; dificulta as relações de vizinhança; diminui a interação social, acentuando o isolamento social e as divisões étnicas. Na perspectiva económica, o *sprawl* urbano pode ser considerado como a forma mais dispendiosa do desenvolvimento urbano (EEA, 2006). Refira-se, como exemplo, alguns fatores que exigem um maior esforço económico:

- os custos acrescidos, quer financeiros quer de tempo de viagem para as deslocações, resultantes do congestionamento do tráfego e das maiores distâncias percorridas;

- os ineficientes sistemas de transporte em zonas urbanas dispersas e de baixa densidade.

O *sprawl* urbano dificulta o desenvolvimento do transporte público e o fornecimento de escolhas alternativas de transportes para garantir o eficiente funcionamento dos ambientes urbanos (EEA, 2006);

- os custos adicionais das extensões das infraestruturas urbanas, incluindo os relacionados com a sua manutenção e com os serviços ao longo de toda a área urbana.

De igual modo, a maior dependência do automóvel traduz-se num aumento do consumo de combustíveis fósseis, o que em países que não produzem petróleo pode produzir efeitos negativos no equilíbrio da balança comercial, atingindo até impactos ao nível da inflação (Meneses, 2010).

Pelo exposto, pode concluir-se que o *sprawl* urbano compromete a gestão sustentável dos recursos ambientais e naturais, produzindo efeitos negativos sobre a sociedade e a economia, exigindo a administração equilibrada do território.

Jat *et al.* (2008) indicam que para melhor planear o desenvolvimento urbano do futuro e para decidir adequadamente sobre as respetivas infraestruturas é necessário conhecer o *sprawl* urbano e a forma adotada na sua evolução. A quantificação dos fatores que estão na origem do *sprawl* constitui um modo de avaliar e sistematizar a forma do crescimento urbano (Bhatta *et al.*, 2010), reconhecer e localizar problemas relacionados com alterações do uso do solo, e incorporar na análise diversas dimensões relacionadas com o fenómeno. Chen (2006) sugere algumas medidas a ter em conta em desenvolvimentos sobre o estudo do *sprawl* urbano. Entre essas sugestões, indica que para compreender o processo do desenvolvimento urbano é necessário considerar a sua especificidade histórica e todos os fatores contributivos e com impacto sobre a expansão urbana, de forma a ilustrar a sua evolução ao longo do tempo. Para este autor, tanto a economia política como a ecologia humana, bem como medidas quantitativas e qualitativas, têm as suas contribuições. As múltiplas perspetivas e abordagens completam-se de forma a melhor explicar o fenómeno do *sprawl* urbano (Chen, 2006). Deste modo, quantificar o *sprawl* (Bhatta *et al.*, 2010; Jat *et al.*, 2008) permite medir e sistematizar a forma

de crescimento urbano, reconhecer e localizar problemas relacionados com alterações do uso do solo e incorporar na análise diferentes dimensões.

A avaliação do *sprawl* deve ser feita segundo critérios de sustentabilidade (Jaeger *et al.*, 2009), de forma a diagnosticar os problemas segundo essa perspectiva para o território e não restringido a avaliação apenas à sua dimensão espacial. Em EEA (2006) é referido que o combate do *sprawl* urbano deve incluir a definição de iniciativas concordantes com os princípios do desenvolvimento sustentável, considerando o território urbano como uma unidade funcional e integrada. Esta fonte considera ainda que, atualmente existe uma crescente consciência dos benefícios em considerar o território urbano como uma unidade integrada, o que estimula uma melhor coordenação das políticas e a análise dos seus impactos económicos, sociais e ambientais. Sendo a gestão das cidades uma tarefa complexa e integrada, a solução de um problema a uma dada escala, é muitas vezes a causa de outro a uma escala similar ou diferente. É importante reconhecer que a cidade é o principal foco da atividade socioeconómica e a pressão e impactos sobre o seu ambiente não podem ser geridos no isolamento de forças e decisões (EEA, 2006).

Uma outra dimensão diz respeito à revisão das políticas a nível local. Um modelo de planeamento como resposta ao *sprawl* urbano deverá ser construído sob princípios que reconheçam o que é conduzido a nível local e o que é conduzido pela União Europeia (EEA, 2006). A visão articulada do desenvolvimento sustentável, urbano e regional, pode contextualizar uma variedade de respostas políticas integradas que se reforçam mutuamente, oferecendo novas medidas coerentes a serem implementadas a todos os níveis. Identificar os *trade-off* espaciais necessários (EEA, 2006), entre os objetivos económicos, sociais e ambientais e a chave pretendida para o desenvolvimento sustentável das cidades, exige uma melhoria da contextualização regional dos respetivos ativos que devem ser mantidos, restaurados ou melhorados. Devem ser produzidas orientações políticas focadas no equilíbrio e coesão territorial (CE, 2011), melhor competitividade regional, acesso aos mercados e conhecimento, assim como uma gestão prudente dos recursos naturais e culturais (EEA, 2006). O conceito de coesão territorial é normalmente considerado como uma componente complementar dos objetivos de coesão social e económica e visa promover o desenvolvimento harmonioso e homogéneo do território (CE, 2011). Segundo EEA (2006) este conceito pode ser descrito como um mecanismo de ligação entre o crescimento económico e o desenvolvimento equilibrado. A mobilidade e a acessibilidade, como fatores determinantes para a coesão territorial e essenciais na melhoria da qualidade de vida das comunidades, permanecem um desafio para a gestão e o planeamento urbano. Assim, as infraestruturas rodoviárias e

ferroviárias devem fazer parte de uma abordagem global direcionada para o desenvolvimento de economias locais e urbanas, segundo um crescimento equilibrado e policêntrico que reduza os danos ambientais (EEA, 2006). O principal conceito subjacente aos objetivos da coesão territorial é o desenvolvimento espacial policêntrico. Em CE (2011) é definido desenvolvimento territorial policêntrico, como um tipo de morfologia do sistema de aglomerações urbanas de dimensão semelhante nos vários níveis da hierarquia urbana, em oposição à existência de um único grande centro urbano que domina cada nível, podendo eliminar a presença de níveis intermédios. Considera ainda que o caráter policêntrico dos sistemas de aglomerações favorece o desenvolvimento territorial sustentável e a redução dos desequilíbrios territoriais. O policentrismo é aplicável a diferentes escalas: ao nível europeu, nacional e regional. Segundo CE (2011), à escala europeia o policentrismo deve viabilizar a emergência de áreas alternativas de integração económica global; a uma escala intermédia deve conduzir a um sistema de aglomerações equilibrado, com um crescimento que beneficie áreas metropolitanas de dimensão variada e não apenas as cidades capitais nacionais; ao nível regional o policentrismo deve assegurar que o desenvolvimento e o crescimento beneficiem também as cidades de pequena e média dimensão, de forma a manter e a aumentar a vitalidade das zonas mais rurais. Segundo a Carta de Leipzig (UE, 2007) deve ser adotado um modelo de desenvolvimento urbano assente numa organização territorial equilibrada, baseada numa estrutura policêntrica, suportada numa política integrada segundo um processo que combina as vertentes de análise espacial, setorial e temporal, bem como o envolvimento de agentes externos à administração e a participação ativa dos cidadãos na definição do seu espaço imediato de vida.

Em 2004, a iniciativa Aalborg *Commitments* desenvolveu esforços no sentido das cidades poderem voluntariamente submeter critérios e condições, de forma a alterar a visão comum do desenvolvimento sustentável para alvos de sustentabilidade tangíveis e ações a nível local (Zilans e Abolina, 2009). Neste sentido, é fundamental saber em que domínios intervir e entender os padrões de desenvolvimento não sustentado das cidades para que possam ser mitigados, corrigidos ou evitados (EEA, 2006). Dessa forma é possível procurar, neste âmbito, estabelecer políticas de gestão do território mais sustentáveis. Segundo Tanguay *et al.* (2010) uma abordagem eficaz de desenvolvimento sustentável consiste em identificar as dimensões integradas de uma forma o mais ampla possível. Numa perspetiva integrada de ordenamento do território, é importante a existência de coerência entre políticas públicas setoriais com impactos significativos no território, de forma a assegurar um elevado grau de coesão territorial e evitar pontos fracos, como a falta de sinergias, a afetação desadequada de recursos e a produção de impactos territoriais contrários à evolução territorial desejada (CE, 2011). O planeamento

integrado, em oposição ao planejamento setorial, envolve a junção de esforços por parte de diferentes setores e de distintos níveis administrativos, permitindo uma tomada de decisão estratégica e fornecendo uma visão sintética dos recursos e da sua afetação. Neste contexto, são utilizados fatores económicos, sociais, ecológicos e culturais, de forma conjunta e combinada, de modo a orientar decisões em termos de uso dos solos e de equipamentos, numa ótica de desenvolvimento territorial sustentável (CE, 2011). Como refere Wu (2007), para um planejamento integrado é essencial entender e monitorizar os sistemas urbanos, especialmente as alterações no uso do solo e o respetivo ambiente físico. É necessário perceber, caracterizar e modelar a expansão urbana de forma a auxiliar o processo de planejamento do território (Ramos e Silva, 2007), bem como identificar a utilização dada a diversos recursos intrínsecos e caracterizar o aumento das infraestruturas (Jat *et al.*, 2008).

Para EEA (2006) a incapacidade para controlar o *sprawl* urbano a nível local, apesar das políticas e ferramentas disponíveis, sustenta a necessidade em desenvolver novas ações e visões das políticas de planejamento regional e urbano que respondam a todos estes desafios. É, portanto, fundamental criar um novo modelo de planejamento como reação ao *sprawl* urbano, o qual deve ser construído com base em princípios de desenvolvimento sustentável das cidades. É ainda crucial traçar e implementar políticas efetivas, delinear planos para gerir recursos, avaliar dinâmicas de crescimento urbano e desenvolver cenários ambientalmente robustos (Yang, 2007). Desta forma é possível identificar os fatores a reverter e não apenas identificar a área em que eles ocorrem.

2.2.6 Indicadores de Desenvolvimento Sustentável

Já em 1996, o Relatório da Comissão Europeia “Cidades Europeias Sustentáveis” considerava necessário estabelecer os indicadores de sustentabilidade como uma ferramenta para quantificar o desempenho da sustentabilidade. A pesquisa de indicadores de desenvolvimento sustentável conduz a uma vasta bibliografia. Sem ter a pretensão de apresentar uma lista exaustiva de fontes bibliográficas que tratam este assunto, referem-se algumas das referências, consideradas de maior importância, encontradas na revisão bibliográfica realizada: Berrini *et al.*, 2003; UN, 2007; Marcelino *et al.*, 2007; Nicolas *et al.*, 2003; Mega e Pederson, 1998; Mameli e Marletto, 2009; Adelle e Pallemarts, 2009; EUROSTAT, 2009; Lynch *et al.*, 2011; Vilão *et al.*, 2009; Abounaga e Abdullah, 2011. O número e a diversidade de sistemas de indicadores sustentáveis atualmente em uso ou em desenvolvimento constitui um desafio, na medida em que existem muitas dimensões para extrair e muitos exemplos a seguir. No entanto, esta multiplicidade também pode auxiliar na solução (Lynch *et al.*, 2011).

Um indicador de desenvolvimento sustentável é desenvolvido a partir de uma determinada variável ou conjunto de variáveis, relatado nas unidades originais ou transformado, para refletir um ou mais atributos de sustentabilidade (Marcelino *et al.*, 2007). De acordo com Marcelino *et al.* (2007), não existe nenhum modelo normalizado de sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável que seja consensualmente aceite. Segundo Marcelino *et al.* (2007) e Tanguay *et al.* (2010) a falta de consenso na criação dos indicadores de desenvolvimento sustentável poderá dever-se fundamentalmente à ambiguidade associada às várias definições de desenvolvimento sustentável, à multiplicidade de objetivos na caracterização e avaliação do desenvolvimento sustentável e uso de indicadores, métodos de seleção e acessibilidade em obter dados quantitativos e qualitativos. No entanto, é possível identificar a existência de duas abordagens principais associadas à criação de indicadores de desenvolvimento sustentável (Marcelino *et al.*, 2007). Uma primeira abordagem refere-se à elaboração de listagens de indicadores de desenvolvimento sustentável, geralmente apoiadas em modelos conceptuais para a categorização dos indicadores (e.g. modelos tipo pressão-estado-resposta). O modelo “pressão-estado-resposta” é amplamente aceite para a compilação de indicadores de desenvolvimento sustentável, tendo sido adotado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e referido pelo Banco Mundial (Mega e Pederson, 1998). O modelo liga, por exemplo, as causas das alterações ambientais (pressão) com os seus efeitos (estado) e, finalmente, com os projetos, ações e políticas (respostas) concebidos e realizados para enfrentar essas alterações. A estrutura de indicadores adotada em Portugal é normalmente baseada na proposta da OCDE, do tipo “pressão-estado-resposta”. Este tipo de indicador é usado para avaliar políticas nacionais e estratégias setoriais, bem como para a avaliação de projetos (UN, 2002). A segunda abordagem proposta por Marcelino *et al.* (2007) refere-se à elaboração de medidas agregadas ou índices de sustentabilidade. Shen *et al.* (2011) desenvolveram um estudo com o objetivo de selecionar indicadores de sustentabilidade urbana (Zilans e Abolina, 2009), tendo examinado e comparado diferentes práticas de urbanização sustentável, aplicadas em diferentes cidades e dentro das quatro dimensões de sustentabilidade. Concluíram que a seleção dos indicadores de sustentabilidade deve ser feita com o conhecimento claro das necessidades onde estes irão ser aplicados, recomendando o pré-estabelecimento de uma lista de indicadores, a qual deverá ser ajustada de acordo com as necessidades emergentes e com a experiência adquirida em outros casos individuais.

Apesar de não existirem metodologias padronizadas para o desenvolvimento de indicadores de desenvolvimento sustentável, em Marcelino *et al.* (2007) são referenciados

vários passos fundamentais para a formulação de um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (SIDS):

1) definição clara dos objetivos do SIDS, especificando o objetivo dos indicadores de desenvolvimento sustentável e o público-alvo a que se destina;

2) definição do entendimento de desenvolvimento sustentável, especificando as definições de desenvolvimento sustentável e os princípios de sustentabilidade a aplicar;

3) definição dos temas considerados importantes, desde a escala local à escala global;

4) as propriedades dos indicadores devem coincidir com as necessidades dos utilizadores e com os objetivos do SIDS;

5) avaliar os indicadores de acordo com as características desejáveis e os objetivos do SIDS.

Conforme ainda referido em Marcelino *et al.* (2007), os sistemas de indicadores de desenvolvimento sustentável devem preencher os seguintes requisitos:

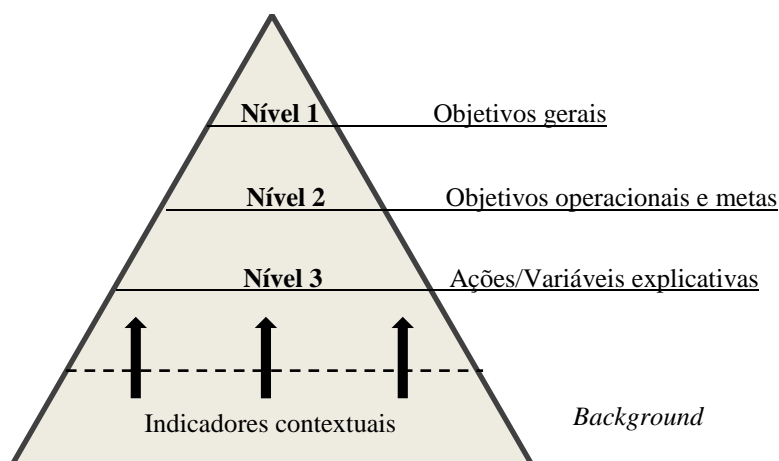
a) integrar as dimensões económica, ambiental e social do desenvolvimento sustentável;

b) possuir fundamentações cientificamente consistentes;

c) capturar a informação chave necessária para medir o desenvolvimento sustentável através da seleção dos indicadores apropriados;

d) estabelecer as relações entre os diferentes indicadores de desenvolvimento sustentável e, entre os indicadores de desenvolvimento sustentável e questões de política-chave relevantes para o desenvolvimento sustentável.

A compilação dos indicadores e comunicar de forma eficaz sobre uma questão tão complexa como o desenvolvimento sustentável, continua a ser um desafio a todos os níveis (União Europeia, nacional e local). Isto deve-se não só à vasta gama de questões a serem abordadas, mas também à necessidade de novos dados ou de uma nova abordagem aos dados existentes, decorrentes das diversas fontes (EUROSTAT, 2009). De forma a responder a este desafio, o conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável da União Europeia está estruturado em pirâmide com três categorias, distinguindo-se entre os três níveis de indicadores (Figura 2.5). Esta abordagem não só reflete a estrutura (objetivos gerais, objetivos operacionais e ações), como também responde a diferentes tipos de necessidades do utilizador. A pirâmide de três níveis é complementada com indicadores contextuais (EUROSTAT, 2009), os quais fornecem informação importante sobre as questões que têm relevância direta com as políticas de desenvolvimento sustentável e são úteis para a análise.



Adaptado de: EUROSTAT (2009)

Figura 2.5 – Estrutura dos indicadores de desenvolvimento sustentável em pirâmide

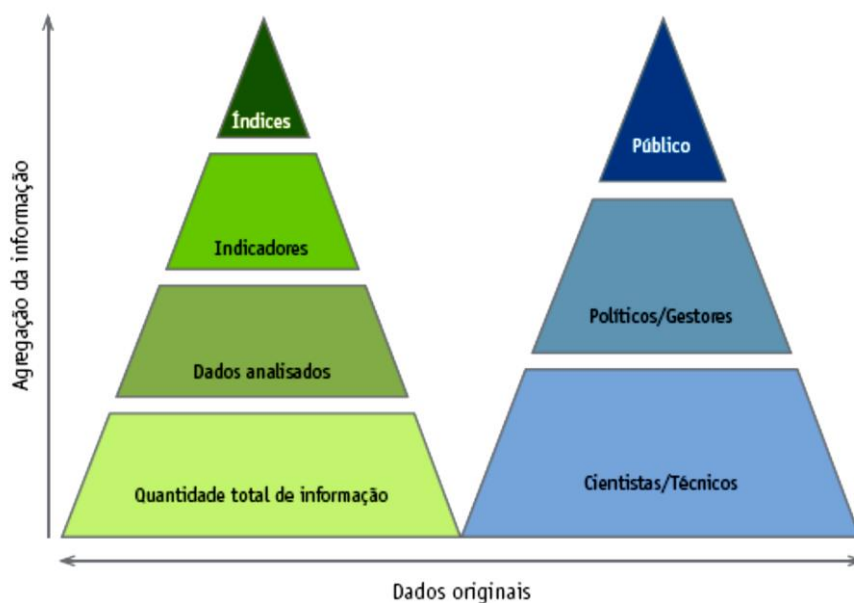
É importante clarificar a diferença entre indicadores e dados ou variáveis observadas. Um parâmetro ou variável é uma propriedade que pode ser medida ou observada (Marcelino *et al.*, 2007). Um dado ou variável observada torna-se num indicador depois de estabelecido o respetivo objetivo na avaliação de um fenómeno (Tanguay *et al.*, 2010). O Banco Mundial define os indicadores como medidas de desempenho, os quais agregam informação em forma utilizável, destacando no entanto os problemas não solucionados de flutuação, as variações intertemporais e as incertezas (Mega e Pederson, 1998). É ainda referido por estes autores que as organizações envolvidas na construção de indicadores parecem concordar que os mesmos proporcionam uma ferramenta útil para a elaboração de políticas e para avaliar a implementação de políticas. No entanto, realçam as suas limitações. Sem objetivos específicos, os indicadores são inexpressivos e não contribuem para a melhoria da qualidade de vida urbana se não houver um quadro político baseado no diagnóstico da situação atual, reconhecendo que alguns factos devem mudar, dando instruções para a mudança e para alcançar os objetivos (Mega e Pederson, 1998). Para Mega e Pederson (1998) é importante que os indicadores urbanos não sejam constituídos apenas por indicadores ambientais, devendo também considerarem-se indicadores socioeconómicos, pois o desempenho ambiental não é o único fator na obtenção da sustentabilidade urbana.

Um indicador de desenvolvimento sustentável resulta de uma variável ou conjunto de variáveis que refletem um ou mais atributos de sustentabilidade (Marcelino *et al.*, 2007). Segundo Kasanko *et al.* (2006), os indicadores que medem em valor absoluto as várias classes do uso do solo, em geral não são comparáveis entre diferentes cidades uma vez que são facilmente influenciados pela dimensão da área em estudo. Para Mega e Pederson (1998) os indicadores devem apontar quais os aspetos da cidade que estão a melhorar comparativamente

a outros e de acordo com objetivos específicos. O seu significado estende-se para além dos obtidos diretamente das observações. As propriedades requeridas são de que devem ser claros, simples, científicos, verificáveis e reprodutíveis. Exige-se ainda que sejam significativos, auxiliem na comparação, avaliação, previsão, construção e conciliação da base de dados, de forma a promoverem a informação local e a tomada de decisões, não esquecendo que os indicadores podem medir o sucesso de uma ação e até mesmo estimular a ação, mas não indicam o tipo de ação a ser aplicado. Se possível, devem abranger todos os setores e assim contribuir para tornar a cidade mais visível e transparente, colaborando para o processo de desenvolvimento sustentável. Tal como acontece com todas as inovações, o desenvolvimento de indicadores é reforçado pela existência da condição permanente de inovação (Mega e Pederson, 1998).

Os indicadores de desenvolvimento sustentável assumem um papel central, essencialmente por serem considerados instrumentos de informação fundamentais que fornecem sinais positivos, negativos ou neutros, para o apoio à decisão (Marcelino *et al.*, 2007). Este tipo de ferramenta permite transmitir informação técnica de forma sintética, preservando o significado original dos dados e utilizando apenas as variáveis que melhor espelham os objetivos em causa e não todas as que podem ser medidas e/ou analisadas. Esta abordagem revela-se importante no sentido de tornar os dados técnicos mais facilmente utilizáveis por decisores, gestores, políticos, grupos de interesse, técnicos, cientistas e público em geral (Marcelino *et al.*, 2007). A relação entre os níveis de agregação da informação e os correspondentes tipos de públicos-alvo, na classificação de indicadores de desenvolvimento sustentável, é apresentada nas pirâmides da Figura 2.6.

Desta forma, os indicadores permitem apoiar e direcionar a formulação de políticas, adotar melhores decisões e definir ações mais eficazes pela simplificação e clareza do problema, auxiliar na inclusão do conhecimento relativo a ciências sociais e físicas nas tomadas de decisão, bem como medir e calibrar o progresso obtido de acordo com os objetivos e as metas do desenvolvimento sustentável pré-estabelecidas (Marcelino *et al.*, 2007; UN, 2007). Podem ainda proporcionar avisos prévios de forma a evitar retrocessos económicos, sociais e ambientais, bem como constituírem instrumentos de comunicação de ideias, pensamentos e valores.



Fonte: Marcelino *et al.*, 2007

Figura 2.6 – Pirâmides de informação: classificação de indicadores de desenvolvimento sustentável, com os correspondentes tipos de públicos-alvo

Os objetivos dos indicadores temáticos são definidos ao nível da cidade e de acordo com as prioridades da cidade. Desta forma, os decisores e cidadãos têm à sua disposição uma grande variedade de instrumentos de intervenção urbana. Na definição das políticas urbanas é essencial conhecer de que forma os cidadãos valorizam os diferentes campos de ação e intervenção, dado que a sua disposição de pagar para alcançar as metas de sustentabilidade é muito importante quando as decisões são tomadas no sentido de fornecer um bem público ou aumentar o nível de bem-estar ambiental (Mega e Pederson, 1998).

Neste contexto, segundo Zhang e Li (2018), a sustentabilidade urbana é o processo ativo de integração sinérgica e de coevolução entre os subsistemas que compõem uma cidade, sem comprometer as possibilidades de desenvolvimento, contribuindo para reduzir os efeitos prejudiciais do desenvolvimento na biosfera. Deste modo, a passagem de indicadores temáticos para um índice de desempenho de sustentabilidade da política de cidades é uma tarefa complexa. Para Mega e Pederson (1998), a variedade na natureza e escala dos temas determina a diversidade de indicadores a serem sugeridos. Por exemplo, os indicadores para temas de responsabilidade para o clima global, acidificação do ambiente e intoxicação dos ecossistemas expressam, em conjunto com os indicadores de consumo de energia e água, a responsabilidade da cidade para o meio ambiente global. Os indicadores de perturbações locais, em conjunto com indicadores de qualidade do ar, de mobilidade urbana e de gestão de resíduos, expressam aspetos importantes da qualidade de vida local ligada a considerações globais. Também os

indicadores de justiça social, habitação, segurança urbana e participação dos cidadãos devem ser escolhidos de forma a expressar alguns dos elementos-chave sociais da sustentabilidade. Estes mesmos autores referem que, é ainda importante considerar-se para cada cidade um indicador de sustentabilidade exclusivo que represente a contribuição de ativos únicos, de características ou eventos sobre a sustentabilidade da cidade. A escala para o desenvolvimento de cada indicador depende principalmente da sua natureza: o clima global, a acidificação, os ecossistemas, ou indicadores de sustentabilidade económica são importantes ao nível da cidade. Os restantes indicadores são mais importantes a uma escala menor (ao nível do bairro), se refletirem os diferentes ritmos de desenvolvimento dentro da mesma cidade. Assim, o grau de diversidade e heterogeneidade dentro da cidade define as estruturas territoriais para o desenvolvimento de indicadores locais.

A seleção apropriada dos indicadores de desenvolvimento sustentável é importante para o sucesso do cálculo da sustentabilidade urbana. De acordo com Shen *et al.* (2011) existem casos em que os indicadores de sustentabilidade urbana permanecem efetivamente em uso, mas a experiência adquirida pela prática não foi partilhada e utilizada para a construção de novos planos de desenvolvimento urbano sustentável e para a melhoria da tomada de decisão no processo de seleção de indicadores. Este facto deve-se essencialmente à falta de base comparativa eficaz, podendo permitir a comparação de diferentes práticas e facilitar a identificação das melhores práticas. A identificação das melhores práticas pode levar à geração de padrões de referência a serem utilizados para a avaliação e diagnóstico das práticas existentes (Shen *et al.*, 2011).

Um índice de desenvolvimento sustentável, ou indicador composto (Saisana, 2008; Zhou *et al.*, 2007), é uma síntese de indicadores, tendo por base um modelo, e resulta da agregação (aritmética ou heurística) de variáveis ou de indicadores ambientais, sociais, económicos e/ou institucionais (Marcelino *et al.*, 2007; OECD, 2008; Tanguay *et al.*, 2010). A construção de um indicador composto não é direta, envolve princípios teóricos e metodológicos os quais devem ser avaliados cuidadosamente para evitar resultados de rigor analítico duvidoso (Saisana, 2008). É recomendável que a construção de um indicador composto cumpra uma sequência de várias etapas (Saisana, 2008), desde o desenvolvimento do enquadramento teórico até à sua apresentação e divulgação (Tabela 2.2). No campo do desenvolvimento sustentável, o índice deve medir conceitos multidimensionais, facilitar o entendimento e a interpretação dos indicadores para um dado fenómeno, não podendo ser estruturado por um único indicador (OECD, 2008; Tanguay *et al.*, 2010). Os indicadores têm que ser ponderados pela sua contribuição para os níveis de sustentabilidade e todos os níveis anteriores de agregação devem

ser levados em conta. Os pesos podem representar a importância relativa de cada variável, ou estar implícito pelos dados, e a função pode envolver o cálculo da média linear ou geométrica e o uso de uma matriz de *scores* numa análise multicritério ou outra (Saisana, 2008). Na Tabela 2.2 são apresentadas as etapas para a construção de um indicador composto, a sua descrição e justificação (OECD, 2008).

Tabela 2.2 – Etapas a considerar na construção de um indicador composto (índice)

| Etapa | Porquê a necessidade da etapa |
|--|--|
| <p>1. Enquadramento teórico Fornecer a base para a seleção e combinação das variáveis de um indicador composto de acordo com a respetiva finalidade (envolve especialistas e interessados).</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para uma compreensão e definição clara do fenómeno multidimensional a ser medido; - Para estruturar os diversos subgrupos do fenómeno (se necessário); - Para compilar uma lista de critérios para as variáveis subjacentes, por exemplo, de entrada e de saída do processo. |
| <p>2. Seleção de dados Deve ser baseada na solidez analítica, mensurabilidade da cobertura nacional e relevância dos indicadores para o fenómeno a ser medido e relação entre eles. Deve ser considerada a utilização de variáveis representantes (<i>proxy</i>) quando os dados são escassos (envolve a participação de especialistas e interessados).</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para verificar a qualidade dos indicadores disponíveis; - Para discutir os pontos fortes e os pontos fracos de cada indicador selecionado; - Para criar um quadro-resumo das características dos dados, por exemplo, a disponibilidade (no País e no tempo), a origem e o tipo de dado (sólido, flexível ou de entrada, de saída, processo). |
| <p>3. Denúncia dos dados em falta É necessária de forma a proporcionar um conjunto de dados completo (por exemplo, através de acusação simples ou múltipla).</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para estimar os valores em falta; - Para fornecer uma medida de confiança de cada valor atribuído, de forma a avaliar o impacto da atribuição sobre o indicador composto resultante; - Para discutir a presença de <i>outliers</i> no conjunto de dados. |
| <p>4. Análise multivariada Deve ser usado para estudar a estrutura geral do conjunto de dados, avaliar a sua adequação e orientar escolhas metodológicas posteriores (por exemplo, a ponderação e a agregação).</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para verificar a estrutura subjacente aos dados ao longo das duas principais dimensões, nomeadamente indicadores individuais e nacionais (por meio de métodos adequados multivariados, por exemplo análise de componentes principais, análise de <i>clusters</i>); - Para identificar os grupos de indicadores ou grupos de países que são estatisticamente “similares” e permitir uma interpretação de resultados; - Para comparar estatisticamente a estrutura estabelecida para o conjunto de dados com o referencial teórico e discutir as possíveis diferenças. |
| <p>5. Normalização Deve ser realizado para tornar as variáveis comparáveis entre si.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para selecionar o processo de normalização adequado que diz respeito tanto ao referencial teórico como às propriedades dos dados; - Para discutir a presença de <i>outliers</i> no conjunto de dados e como podem tornar-se referências não intencionadas; - Para ajustar a escala, se necessário - Para modificar indicadores distorcidos, se necessário. |

Tabela 2.2 – Etapas a considerar na construção de um indicador composto (índice) – (Cont.)

| Etapa | Porquê a necessidade da etapa |
|--|--|
| <p>6. Ponderação e agregação Deve ser feito de acordo com as linhas definidas para o quadro teórico subjacente.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para selecionar a ponderação e o procedimento de agregação adequado de forma a respeitar a estrutura teórica e as propriedades dos dados; - Para discutir se as questões de correlação entre os indicadores devem ser tidos em conta; - Para discutir se deve ser permitida a compensação entre os indicadores. |
| <p>7. Incerteza e análise de sensibilidade Deve ser realizada para avaliar a robustez do indicador composto em termos de, por exemplo, o mecanismo de inclusão ou exclusão de um indicador, o regime de normalização, a imputação de falta de dados, a escolha de pesos, o método de agregação.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para considerar uma abordagem de modelo múltiplo para construir um indicador composto, e se possível, cenários alternativos conceituais para a seleção dos indicadores subjacentes; - Para identificar todas as possíveis fontes de incerteza no desenvolvimento do indicador composto e seguir os <i>scores</i> compostos e classificações com limites de incerteza; - Para realizar a análise de sensibilidade da conclusão (premissas) e determinar quais as fontes de incerteza mais influentes na pontuação (<i>scores</i>) e/ou classificação. |
| <p>8. Voltar aos dados É necessária para revelar os principais agentes para um bom ou mau desempenho. A transparência é primordial para uma boa análise e formulação de políticas.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para traçar o perfil do desempenho do país ao nível do indicador, de modo a revelar o que está por trás dos resultados do indicador composto; - Para verificar a conexão e a causalidade (se possível); - Para identificar se os resultados do indicador composto são excessivamente dominados por alguns indicadores e explicar a importância relativa das subcomponentes do indicador composto. |
| <p>9. Ligação a outros indicadores Deve ser feito para correlacionar o indicador composto (ou as suas dimensões) com os indicadores existentes (simples ou composto), bem como para identificar as ligações através de regressões.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para correlacionar o indicador composto com outras medidas relevantes, tendo em consideração os resultados da análise de sensibilidade; - Para descrever dados impulsionadores baseados nos resultados. |
| <p>10. Visualização dos resultados Deve receber atenção adequada, uma vez que a visualização dos resultados pode influenciar (ou ajudar a melhorar) a interpretação.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Identificar ferramentas de apresentação coerentes com a audiência alvo; - Selecionar a técnica de visualização que melhor comunica a informação; - Apresentar os resultados do indicador composto de forma clara e precisa. |

Adaptado de: OECD, 2008

Segundo Tanguay *et al.* (2010) uma abordagem eficaz do desenvolvimento sustentável consiste em identificar as respetivas dimensões integradas, tão amplamente quanto possível, garantindo simultaneamente que uma eventual sobreposição entre essas dimensões seja claramente especificada. No entanto, as limitações existentes na acessibilidade e disponibilidade de dados (Tanguay *et al.*, 2010) são recorrentes em problemas relacionados com o município, podendo condicionar o número de indicadores ativos a utilizar na obtenção do desenvolvimento sustentável à escala municipal. Atualmente, poucos são os modelos que

incorporam de forma integrada as múltiplas dimensões através de políticas relacionadas com a prosperidade económica, a qualidade ambiental e a equidade social. A integração, num único modelo, de indicadores de desenvolvimento sustentável que envolvam diferentes domínios relacionados com o *sprawl* urbano, visa analisar o comportamento da expansão urbana para um dado território segundo uma abordagem holística que promova a coesão, a integração e a sustentabilidade. Pode ainda ajudar a entender quais os seus impactos sobre o nível de sustentabilidade da expansão urbana. Desta forma, poderão ser tomadas decisões associadas ao ordenamento do território que tenham como objetivo medidas de prevenção e/ou correção. A síntese dos indicadores com base na estrutura do modelo, agregando diferentes variáveis ou indicadores ambientais, sociais, económicos e/ou institucionais, permite criar um índice de desenvolvimento sustentável (Marcelino *et al.*, 2007; OECD, 2008; Tanguay *et al.*, 2010), facilitando a análise do papel desses indicadores para um dado fenómeno.

Kasanko *et al.* (2006), para a análise da relação entre o desenvolvimento do uso do solo urbano e a densidade populacional em 15 cidades europeias de média e grande dimensão, usaram um grupo de cinco indicadores relativos a áreas construídas, uso residencial, expansão urbana, densidade populacional e densidade urbana. Consideraram que um dos indicadores fundamentais dos padrões do uso do solo urbano é a relação entre as áreas construídas e as áreas não construídas. O segundo grupo de indicadores (uso residencial) entra mais em detalhes relacionados com o tipo de uso do solo urbano, separando o uso residencial dos restantes usos (comercial, industrial e transportes). Estes autores consideraram ainda que a densidade populacional é um bom indicador do tipo de desenvolvimento urbano, principalmente quando combinado com informação do uso do solo. No entanto, de acordo com os mesmos autores, visto que algumas cidades incluem dentro dos seus limites administrativos amplas zonas florestais ou agrícolas, deve ser considerada a distribuição da população apenas pela área residencial, designando-se este subindicador de densidade residencial. O quinto indicador refere-se à densidade urbana e mede a forma como a população ocupa as áreas construídas disponíveis.

Segundo OECD (2008) o desenvolvimento de um quadro de qualidade para os indicadores compostos não é uma tarefa fácil. A qualidade dos indicadores compostos depende de vários aspetos relacionados com a qualidade dos dados elementares utilizados para construir o indicador e da solidez dos procedimentos usados na sua construção. De acordo com OECD (2008), o Fundo Monetário Internacional utiliza cinco dimensões de qualidade para os indicadores compostos (índices):

1) garantia de integridade – quais são as características que suportam a objetividade na produção de estatísticas, de modo a manter a confiança dos utilizadores?;

2) metodologia sólida – como é que as práticas atuais se relacionam com as práticas metodológicas acordadas internacionalmente para as atividades estatísticas específicas?;

3) precisão e confiabilidade – são a origem dos dados, as técnicas estatísticas, etc., adequadas para retratar a realidade?;

4) utilidade – como se encontram as necessidades dos utilizadores em termos de atualidade dos produtos, a sua frequência, consistência e ciclo de revisão?;

5) acessibilidade – os dados são eficazes e os metadados facilmente disponíveis para os utilizadores e existe assistência aos utilizadores?.

O Código Europeu de Boas Práticas Estatísticas (*European Statistics Code of Practice*) concentra-se em resultados estatísticos, tal como vistos pelo utilizador, considerando seis dimensões de qualidade (OECD, 2008):

1) relevância – na medida em que a estatística reúne as atuais e potenciais necessidades dos utilizadores;

2) precisão – refere-se à proximidade dos cálculos ou estimativas aos valores exatos ou verdadeiros;

3) atualidade e pontualidade – atualidade refere-se ao período de tempo entre a disponibilidade da informação e o evento ou fenómeno descrito. Pontualidade refere-se ao intervalo de tempo entre a data de entrega e a data real do lançamento dos dados;

4) acessibilidade e clareza – acessibilidade refere-se às condições físicas que os utilizadores podem utilizar para o acesso estatístico. Clareza diz respeito à forma em que a informação estatística é acedida: gráficos, mapas, texto, etc.;

5) comparabilidade – refere-se à medição do impacto das diferenças de conceitos estatísticos, ferramentas de medição e procedimentos na comparação das estatísticas entre zonas geográficas, domínios não geográficos ou ao longo do tempo;

6) coerência – refere-se à conformidade dos dados a serem combinados de diferentes formas e para vários fins.

A aplicação das abordagens mais avançadas para o desenvolvimento de indicadores compostos, com base em dados imprecisos ou incoerentes não produziria resultados de boa qualidade, sendo que a qualidade de um indicador composto será determinada principalmente pela adequação dos indicadores usados. Se os indicadores não se adequam ao conceito teórico a ser medido, então a qualidade do indicador composto será fraca, independentemente da qualidade dos indicadores de base. Por último, os indicadores compostos divulgados sem

metadados apropriados facilmente poderão ser mal interpretados. Portanto, o quadro de qualidade dos indicadores compostos deve considerar todos estes aspetos (OECD, 2008).

Cada fase da construção dos indicadores compostos é importante e deve ser realizada de acordo com os conceitos de qualidade (OECD, 2008). Por exemplo, o desenho do quadro teórico pode afetar a relevância do indicador; a análise multivariada é importante para aumentar a sua comparabilidade; a imputação dos dados em falta, assim como a normalização e agregação pode afetar a sua precisão.

A matriz apresentada na Tabela 2.3 mostra as principais ligações entre cada fase do processo de construção de indicadores compostos e as dimensões de qualidade identificadas (OECD, 2008).

Tabela 2.3 – Dimensões de qualidade dos indicadores compostos

| FASE DE CONSTRUÇÃO | DIMENSÕES DE QUALIDADE | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|----------|---------------|--------------|----------------|-----------------|-----------|
| | Relevância | Precisão | Credibilidade | Oportunidade | Acessibilidade | Comparabilidade | Coerência |
| Quadro teórico | √ | | √ | | | √ | |
| Seleção de dados | | √ | √ | √ | | | |
| Imputação de dados em falta | √ | √ | √ | √ | | | |
| Análise multivariada | | √ | | | | √ | √ |
| Normalização | | √ | | | | √ | √ |
| Ponderação e agregação | √ | √ | √ | | | √ | √ |
| Voltar para os dados | √ | | √ | | | √ | |
| Robustez e sensibilidade | | √ | √ | | | √ | |
| União a outras variáveis | √ | | √ | | | √ | √ |
| Visualização | √ | | | | | √ | |
| Divulgação | √ | | √ | | √ | √ | |

Adaptado de: OECD, 2008

2.3 MODELO ESPACIAL DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A tomada de decisão envolve a integração num modelo de indicadores que medem a sustentabilidade ambiental, juntamente com outros impactos sociais e económicos de projetos, planos e políticas (Ramjerdi *et al.*, 2008). Existem diferentes procedimentos para a combinação de indicadores no âmbito de decisões de natureza espacial (Graymore *et al.*, 2009), constituindo diversos modelos espaciais de análise multicritério (Ananda e Herath, 2008; Awasthi *et al.*, 2011; Baz *et al.*, 2009; Chang *et al.*, 2008; Schetke e Haase, 2008; Walter e Stützel, 2009; Zhou *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2018). Esses modelos permitem sintetizar de forma clara as opções dos vários intervenientes no planeamento regional e urbano (Awasthi *et al.*, 2011) e

possibilitam a integração de vários fatores em formatos distintos, a sua agregação e combinação de acordo com regras estabelecidas, de forma a conduzirem ao resultado procurado (Silva *et al.*, 2008).

O método de avaliação multicritério surge como alternativa à tradicional análise custo-benefício (Ramjerdi *et al.*, 2008) e baseia-se no princípio da incomensurabilidade, a qual envolve a ausência de uma unidade de medida comum entre vários valores, o que não significa incomparabilidade. A vantagem do modelo de análise multicritério é a capacidade em agregar grande quantidade de dados, relações e objetivos que estão presentes no mundo-real. Faculta uma visão sobre a natureza dos conflitos, pelo aumento de transparência no processo de decisão, facilita compromissos políticos e o desenvolvimento de planos alternativos (Ramjerdi *et al.*, 2008). A modelação e análise da expansão urbana e do *sprawl*, num contexto de desenvolvimento sustentável (Graymore *et al.*, 2009; Walter e Stützel, 2009; Zilans e Abolina, 2009), agregam múltiplos critérios extraídos de várias fontes e em formatos diferentes, os quais devem ser estruturados segundo uma metodologia adequada e combinados de forma simples ou atribuindo graus de importância específicos. Também, o processo de avaliação da sustentabilidade urbana requer a definição de um modelo consistente e robusto, de modo a integrar todas as dimensões estruturantes do desenvolvimento urbano sustentável. Deste modo, os modelos de análise multicritério adequam-se à avaliação da sustentabilidade urbana, tendo sido usados recentemente em pelo menos dois trabalhos de investigação: Pérez e Rey (2013); Pérez *et al.*, (2018); Fernandes *et al.* (2018). Os critérios que compõem o modelo de análise multicritério consistem em indicadores de desenvolvimento sustentável, que quando integrados no modelo avaliam o desenvolvimento urbano segundo as dimensões da sustentabilidade. Por conseguinte, é fundamental identificar os modelos de agregação multicritério para uma seleção adequada da estrutura a adotar, de forma a conduzir a um resultado realista do território em análise.

Por outro lado, é essencial realizar estudos (Wei e Ewing, 2018) que analisem a sustentabilidade da expansão/*sprawl* urbano, globalmente e comparativamente, de modo a compreender-se as inúmeras formas pelas quais a expansão/*sprawl* urbano, a desigualdade espacial e o desenvolvimento sustentável se relacionam entre si.

2.3.1 Estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério

O Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process- AHP*) (Saaty, 1980, 2008; Saaty, 1987) envolve a estruturação do problema desde o seu objetivo principal até aos níveis hierárquicos inferiores dos seus critérios, sendo o mais utilizado para encontrar soluções

práticas na resolução de problemas de decisão multicritério (Chang *et al.*, 2008). O desenvolvimento de um modelo de decisão hierárquico inclui os critérios da decisão, os critérios secundários e as opções, bem como a avaliação e ordenação de todos os critérios dentro de cada nível. Deste modo, o processo de construção do modelo assume uma abordagem de cima para baixo (Ananda e Herath, 2008) e agrega diferentes opções, de forma a melhorar a compreensão do problema, a adequar múltiplos objetivos e a aumentar a transparência na tomada de decisão. A avaliação dos critérios (Silva *et al.*, 2008) que compõem o modelo de análise multicritério é conseguida através da ordenação dos diferentes fatores em cada nível hierárquico, constituindo uma estrutura hierárquica. Este processo envolve os diferentes intervenientes no processo de tomada de decisão, podendo ajudar na avaliação de consequências das decisões tomadas (Ananda e Herath, 2008).

De acordo com Saaty (1987) no Processo Analítico Hierárquico (AHP) a estrutura hierárquica deve ser suficientemente complexa para registar o problema, mas também pequena e ágil de forma a ser sensível a alterações. Para tomar uma decisão de forma organizada e gerar prioridades é necessário decompor a decisão nas seguintes etapas (Saaty, 2008):

- 1) definir o problema e determinar o tipo de conhecimento procurado;
- 2) estruturar a hierarquia da decisão a partir do topo com o objetivo da decisão e de seguida os objetivos de uma perspetiva ampla, a partir dos níveis intermédios para o nível mais baixo (que normalmente é um conjunto de alternativas);
- 3) construir um conjunto de matrizes de comparação par-a-par. Cada elemento de um nível superior é utilizado para comparar os elementos no nível imediatamente inferior com respeito a ele;
- 4) usar as prioridades obtidas a partir das comparações para ponderar as prioridades no nível imediatamente inferior, para todos os elementos. Para cada elemento no nível inferior adicionar os respetivos valores pesados para obter a respetiva prioridade global. O processo deve ser repetido até se obterem as prioridades finais dos elementos no nível mais baixo.

Na organização estrutural do problema, o nível superior corresponde ao objetivo final do processo de decisão; os restantes níveis são hierarquizados por forma a que níveis mais elevados contenham grupos de critérios mais abrangentes, aumentando a especificação à medida que se desce na hierarquia, terminando num nível de atributos facilmente avaliável e quantificável. O nível mais baixo deve conter todos os critérios intervenientes no processo de decisão, isto é, ser o mais vasto possível por forma a cobrir todas as possibilidades relevantes na tomada de decisão.

2.3.2 Avaliação multicritério

Na terminologia usada na Teoria de Decisão são adotados alguns conceitos que se definem a seguir.

- Decisão é a escolha entre alternativas. As alternativas podem representar diferentes localizações, diferentes planos, diferentes classificações, diferentes hipóteses sobre um fenómeno, etc..

- Critério representa uma condição que se pode quantificar ou avaliar e que contribui para a tomada de decisão. Os critérios podem ser de dois tipos: Exclusões ou Fatores.

- Exclusão é um critério que limita as alternativas consideradas na análise. É traduzida pela criação de limitações, ou restrições, ao espaço de análise definindo as alternativas não elegíveis, que devem ser excluídas do espaço inicial de soluções possíveis, ou por apenas pretender garantir que a solução final possua algumas características pré-estabelecidas.

- Fator é um critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa para o objetivo em causa. De um modo geral, a aptidão é medida numa escala contínua de forma a abranger todo o espaço de solução inicialmente previsto.

- Regra de Decisão é o procedimento que permite combinar os critérios para obter uma determinada avaliação, incluindo a própria comparação entre avaliações no sentido de produzir decisões. Especificamente, as regras de decisão incluem procedimentos para normalizar e combinar diferentes critérios, resultando um índice composto e uma regra que rege a comparação entre alternativas com base nesse índice.

- Objetivo específico, corresponde ao conjunto de motivações dos interessados na decisão. A estruturação das regras de decisão visa o contexto de um Objetivo específico.

Com a finalidade de atingir o objetivo é frequente a avaliação e combinação de diversos critérios, através de procedimentos designados por Avaliação Multicritério (Voogd, 1983; Carver, 1991).

2.3.2.1 Normalização de critérios

A avaliação dos diferentes critérios resulta em grandezas e valores não comparáveis entre si, sendo obrigatório proceder à respetiva normalização de modo a obter a mesma escala de valores no sentido de viabilizar a agregação entre critérios (Chang *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2008; Walter e Stützel, 2009). Para a normalização é importante selecionar um método adequado à respetiva natureza dos diferentes critérios identificados.

De um modo geral, os processos de normalização são estabelecidos por curvas de normalização que utilizam valores, máximo e mínimo. A forma mais simples para definir uma escala é a variação linear (Eastman, 1997) definida pela Equação 2.1.

$$x_i = \frac{R_i - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} \times \text{Intervalo_normalizado}, \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (2.1)$$

Na equação, R_i é o valor de *score* a normalizar e R_{min} e R_{max} são os *scores* mínimo e máximo, respetivamente.

Quando o número de *scores* é suficiente para permitir o cálculo de médias e desvios padrão com algum significado, pode recorrer-se a uma outra forma de normalização denominada de *Z-score* (Bossard, 1999) cujo valor é dado pela Equação 2.2 (Mendes *et al.*, 1999a).

$$Z_score = a \frac{R - \mu[R]}{\sigma[R]} \quad (2.2)$$

em que: R é o valor do *score* a normalizar; $\mu[R]$ é a média dos *scores* das diferentes alternativas em consideração e $\sigma[R]$ é o respetivo desvio padrão.

A variável a assume o valor +1 quando maiores valores do *score* do critério contribuem positivamente para o objetivo em causa, e o valor -1 quando maiores valores do *score* contribuem negativamente para o objetivo.

Assim definido, o *Z-score* é o número de desvios padrão que o *score* daquele critério está acima ou abaixo da média dos *scores* de todas as alternativas consideradas. Uma utilização extensiva deste conceito pode ser consultada em Mendes *et al.* (1999a) e Mendes *et al.* (1999b).

O processo de normalização de critérios é na sua essência idêntico ao processo de *fuzzification*¹ introduzido pela lógica *fuzzy*. A conversão de um conjunto de valores expressos numa determinada escala para outro comparável, expresso numa escala normalizada (por exemplo, entre 0 e 1), permite obter um grau relativamente à pertença² que varia de 0,0 a 1,0, indicando um crescimento contínuo desde não pertença até à pertença total, na base do critério submetido ao processo de *fuzzification*.

Para definir a variação entre o ponto mínimo a partir do qual os valores de *score* do critério começam a contribuir para a decisão, e o ponto máximo a partir do qual *scores* mais elevados não trazem contribuição adicional para a decisão, existem várias funções que podem

¹ *Fuzzification* é a expressão original apresentada por Zadeh (1965), para a qual não se adotou qualquer tradução. O mesmo acontece para a palavra *fuzzy*.

² Designado por *fuzzy membership* ou possibilidade.

ser utilizadas, designadas por funções *fuzzy* ou, mais genericamente e na terminologia anglo-saxónica por *fuzzy set membership functions*. São exemplo deste tipo de funções: Sigmoidal, J-Shaped, Linear e Complexa. Em Zadeh (1965); Eastman (1997); Mendes (2000); Ramos (2000) e Silva *et al.* (2008) podem ser consultadas as referidas funções.

A função *fuzzy* deve ser escolhida de acordo com a natureza do critério, sendo que a mais utilizada é a função sigmoidal. É também importante seleccionar de forma rigorosa os respetivos pontos de controlo, uma vez que estes calibram a função de acordo com normas e realidades particulares. Um exemplo pode ser encontrado em Ramos (2000).

2.3.2.2 Avaliação de pesos para os critérios

Quantificar a importância relativa de cada critério num processo de decisão que envolve múltiplos critérios, é uma das grandes dificuldades encontradas na implementação deste modelo de avaliação, normalmente ultrapassada pela atribuição de um determinado peso.

O facto dos diferentes decisores atribuírem graus de importância variáveis aos diversos critérios, obriga a uma cuidadosa atribuição dos pesos de modo a que sejam preservadas as suas preferências. Não se podendo afirmar que existe um método consensual para a definição de pesos, encontram-se na literatura várias propostas de procedimentos para este efeito (Voogd, 1983; Winterfeldt e Edwards, 1986; Malczewski, 1999). Seguidamente apresentam-se quatro métodos para avaliação de pesos, baseados no ordenamento de critérios, em escalas de pontos, na distribuição de pontos e em comparação par-a-par.

A. Método baseado no ordenamento de critérios

Consiste em ordenar os critérios de acordo com o grau de importância atribuído pelo decisor, isto é, ao critério mais importante é atribuída a ordem 1, ao segundo mais importante a ordem 2, e assim sucessivamente. Estabelecida a ordem, procede-se à geração de pesos, existindo para tal diversos procedimentos. Citam-se dois desses procedimentos (Stillwell *et al.*, 1981), com base nos quais é possível gerar o vetor dos pesos: *rank sum* (Equação 2.3), assim designado por utilizar a ordem no *ranking*; e *rank reciprocal* (Equação 2.4), que utiliza a ordem inversa dos critérios no *ranking*.

Rank sum:

$$w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum_k (n - r_k + 1)} \quad (2.3)$$

Rank reciprocal:

$$w_j = \frac{1/r_j}{\sum_k (1/r_k)} \quad (2.4)$$

onde w_j é o peso normalizado do critério j , r_j é a ordem do mesmo critério no *ranking* e n é o número de critérios.

B. Método baseado em escalas de pontos

A escala de pontos é uma outra opção para atribuir pesos a critérios, principalmente quando é possível uma avaliação direta. Inicialmente este método foi desenvolvido por Osgood *et al.* (1957) defendendo que a diferenciação em sete níveis é suficiente para alguém expressar adequadamente a sua preferência. A cada critério é atribuído um valor, de 1 a 7, numa escala crescente, desde o valor 1 (insignificante) até ao valor 7 (importante). Feita a avaliação de todos os critérios, procede-se à normalização dos valores a eles atribuídos, gerando-se assim um conjunto de pesos.

Têm surgido algumas variações a esta escala que a convertem de forma arbitrária numa escala de n pontos. Podem ser encontrados em Findlay *et al.* (1988) e Mendes *et al.* (1999a) exemplos da utilização deste método, com uma escala de 5 pontos aplicada a estudos de avaliação multicritério da qualidade de vida urbana.

C. Método baseado na distribuição de pontos

Neste método, o decisor distribui pelos critérios um conjunto de pontos que devem somar um valor pré-estabelecido. Quantos mais pontos forem atribuídos a um critério, maior será a sua importância relativa. Assim, se for estabelecido um valor total de 100 pontos, a atribuição de 0 pontos a um critério significa que o mesmo pode ser ignorado, enquanto que a atribuição de 100 pontos significa que, para a decisão em causa, apenas esse critério é tido em conta.

Easton (1973) introduziu uma alteração ao método designada de procedimento de estimativa de rácios. É atribuída uma pontuação arbitrária ao critério mais importante identificado, por um processo de *ranking*, recebendo os critérios de menor ordem de importância pontuações proporcionalmente mais baixas até se atingir o critério menos importante. A pontuação mais baixa atribuída ao último critério, serve de base de cálculo dos rácios. Mais concretamente, a pontuação de cada critério é dividida pela pontuação mais baixa, obtendo-se o rácio de cada critério. A normalização destes rácios é feita dividindo cada valor pelo total dos rácios, obtendo-se assim os pesos finais. Para um exemplo de utilização deste método, consultar Malczewski (1999).

D. Método baseado na comparação de critérios par-a-par

No contexto do processo de tomada de decisão denominado AHP (*Analytic Hierarchy Process*), Thomas Saaty (1977, 1980, 2008) desenvolveu a metodologia de comparação par-a-par, de uma forma mais complexa mas também mais promissora, para a obtenção dos pesos a atribuir aos vários critérios.

Este método baseia-se na construção de uma matriz quadrada $n \times n$ que permite efetuar a comparação entre os n critérios. Os diferentes critérios são dispostos pela mesma ordem ao longo das linhas e das colunas da matriz, por forma a que o valor a_{ij} represente a importância relativa do critério da linha i face ao critério da coluna j . Assim, resulta uma matriz recíproca cujos elementos são definidos de acordo com a Equação 2.5, sendo apenas necessário avaliar a metade triangular inferior esquerda da matriz.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad e \quad a_{ii} = 1; \quad \forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (2.5)$$

Para que seja possível estabelecer comparações par-a-par para todos os critérios é necessário definir uma escala de modo a normalizar todas as comparações efetuadas. Saaty (1980) propôs uma escala de comparação de critérios traduzida em nove níveis numéricos (Figura 2.7) invocando maior fiabilidade e eficiência desta escala face a outras mais curtas.

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|---------------------------------|
| 1/9 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| Extremamente Menos importante | Bastante | Muito | Pouco | Igual | Pouco | Muito | Bastante | Extremamente Mais importante |

Adaptado de: Saaty (1980)

Figura 2.7 – Escala de comparação de critérios

A escala de comparação de critérios apresentada na Figura 2.7 tem a seguinte leitura: se um critério i possui um dos valores (1, 3, 5, 7 e 9) quando comparado com o critério j , então o critério j possui o valor recíproco quando comparado com o critério i .

Os valores pares (2, 4, 6 e 8) correspondem a valores intermédios que também podem ser usados. Os valores de 1,1, 1,2, ..., 1,9, ou ainda mais refinados, podem ser utilizados para comparação de critérios extremamente próximos em grau de importância, tal como os valores 2,0, ..., 2,9, etc., tornando a escala de comparação quase contínua.

O processo de determinação dos pesos desenvolve-se ao longo de sete etapas:

- Etapa 1: Construção da matriz de comparação par-a-par;
- Etapa 2: Cálculo do vetor próprio (*eigenvector*) principal;
- Etapa 3: Cálculo do máximo valor próprio (*eigenvalue*);
- Etapa 4: Cálculo do Índice de Consistência (CI-*Consistency Index*);
- Etapa 5: Cálculo do Índice de Aleatoriedade (RI-*Random Index*);
- Etapa 6: Cálculo do Grau de Consistência (CR-*Consistency Ratio*) dado por CI/RI;
- Etapa 7: Eventual reavaliação da matriz de comparação par-a-par, se CR for superior a 0,1.

Este método, mais complexo e demorado, exigindo por vezes a iteração para o cálculo do grau de consistência, permite obter valores aceitáveis para os pesos sempre que CR seja inferior a 0,1 (Saaty e Vargas, 1991). Estabelecendo comparações par-a-par apenas entre critérios de igual nível, o seu procedimento está perfeitamente adequado a problemas em que os critérios se encontrem hierarquizados.

2.3.2.3 Combinação de critérios

Normalizados os *scores* dos critérios para um intervalo fixado (0 a 1, ou outro), estes podem ser agregados de acordo com a regra de decisão. Para tal, existem diversas classes de operadores para a combinação de critérios (para uma descrição extensiva, ver Malczewski, 1999). No âmbito dos processos de decisão de natureza espacial, existem dois modelos considerados como os mais relevantes: Combinação Linear Pesada (*Weighted Linear Combination* - WLC³) e Média Pesada Ordenada (*Ordered Weighted Average* - OWA⁴).

A. Combinação Linear Pesada (WLC)

O procedimento WLC (Voogd, 1983) combina os fatores através da média pesada, definida pela Equação 2.6.

$$S = \sum_i^n w_i x_i \quad (2.6)$$

em que S é o valor final do *score*, w_i é o peso do fator i , x_i é o valor normalizado para o mesmo fator e n é o número de fatores.

Uma vez que o somatório dos pesos é igual à unidade (para uma escala de 0 a 1), o *score* final resulta na mesma escala dos *scores* normalizados dos critérios.

Quando para além dos fatores que se expressam em escalas contínuas de *scores*, se aplicam também as exclusões, expressas pela escala binária 0/1, o procedimento pode ser alterado multiplicando o *score* calculado a partir dos fatores, pelo produto das exclusões (Equação 2.7), onde c_j é o *score* (0/1) da exclusão j e m o número de exclusões.

$$S = \sum_i^n w_i x_i \times \prod_j^m c_j \quad (2.7)$$

³ WLC deriva de *Weighted Linear Combination*. Esta sigla é reconhecidamente associada a este procedimento de agregação, pelo que será utilizada ao longo da Tese.

⁴ OWA deriva de *Ordered Weighted Average*. Esta sigla é reconhecidamente associada a este procedimento de agregação, pelo que será utilizada ao longo da Tese.

O facto de permitir a compensação entre critérios (*trade-off*), o que significa que uma qualidade (*score* a respeito de um critério) muito pobre de uma dada alternativa pode ser compensada por um conjunto de boas qualidades (*scores* mais elevados), a respeito de outros critérios, constitui a característica mais importante deste procedimento.

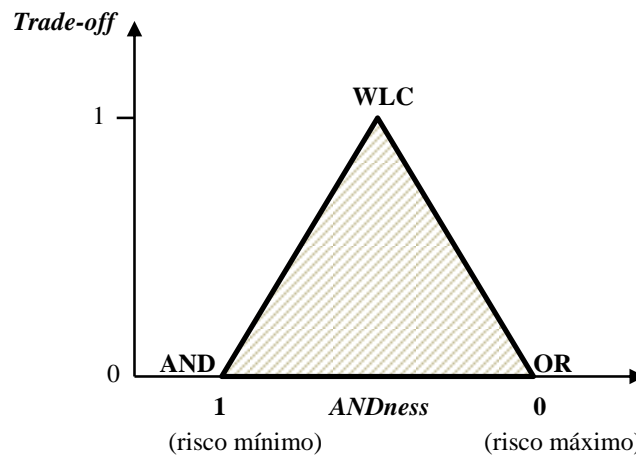
B. Média Pesada Ordenada (OWA)

Outro procedimento de agregação de fatores, introduzido por Yager (1988), permite uma nova perspetiva de análise. Esta técnica não só utiliza os pesos de critérios usados no procedimento WLC, como também considera outro conjunto de pesos que não estão especificamente ligados a quaisquer fatores. Após a aplicação normal do primeiro conjunto de pesos é aplicado o segundo conjunto, por uma ordem que depende do valor do *score* de cada fator. Este procedimento denomina-se por média pesada ordenada (OWA) e os novos pesos designam-se *order weights*, uma vez que a sua aplicação depende da ordenação dos fatores que agregam (Eastman e Jiang, 1996; Eastman *et al.* 1998; Yager, 1988).

Tal como no procedimento WLC, da aplicação do primeiro conjunto de pesos aos critérios resultam os respetivos *scores* pesados, os quais são ordenados do valor mais baixo para o mais elevado. Após ordenados de forma crescente, aplica-se a cada fator o respetivo *order weight* de acordo com a sua ordem. Assim, os fatores são ponderados com base na ordem dos *scores* obtida pela aplicação do primeiro conjunto de pesos, desde o mínimo até ao máximo.

Possibilitando a variação dos *order weights*, o procedimento OWA permite implementar uma gama infinita de operadores de agregação. Num processo de decisão que envolva três fatores, referem Eastman *et al.* (1998) que se produziria uma solução adversa ao risco (dita pessimista ou conservadora), equivalente ao operador lógico AND, se se aplicasse todo o peso ao fator com menor *score* recorrendo-se ao vetor de *order weights* [1 0 0]. Pelo contrário, produzir-se-ia uma solução de elevado risco (dita otimista), equivalente ao operador lógico OR, caso se aplicasse todo o peso ao fator de mais alto *score*, usando o vetor de *order weights* [0 0 1]. Por sua vez, um vetor de *order weights* [0,33 0,33 0,33] aplicaria igual peso a todos os fatores, produzindo uma solução de risco neutro (intermédia), equivalente ao operador WLC. Considerando apenas os *scores* extremos (mínimo e máximo), nos dois primeiros casos, os fatores não podem ser compensados uns pelos outros, tendo-se uma situação de ausência de *trade-off*. Contudo, no terceiro caso, tendo sido atribuído um vetor de *order weights* perfeitamente equilibrado, os fatores podem compensar-se mutuamente, estando-se na presença de *trade-off* total, permitindo que os bons *scores* de uns fatores compensem os maus *scores* de outros fatores. Sendo equivalente a este último caso, o procedimento WLC não é mais que um caso particular do procedimento OWA. Exemplos de aplicação de agregação de fatores

utilizando o procedimento OWA, podem ser consultados em Ramos (2000); Silva *et al.* (2008) e Soares (2002). Os *order weights* não estão obviamente restringidos a apenas três valores, como apresentado. Na verdade qualquer combinação é possível desde que o seu somatório seja igual à unidade. A deslocação relativa dos *order weights* no sentido do mínimo para o máximo controla o nível de risco, designado por *ANDness*. Por outro lado, a homogeneidade de distribuição dos *order weights* pelas diferentes posições controla o nível global de *trade-off*. Em Ramos (2000); Silva *et al.* (2008) e Soares (2002) podem ser consultadas figuras ilustrativas. Resulta desta combinação um espaço estratégico de decisão, aproximadamente triangular (Figura 2.8), definido por um lado pela atitude de risco (*ANDness*) e, por outro lado, pelo nível de *trade-off* (Eastman *et al.*, 1998). Assim, e como mostra a Figura 2.8, no eixo das abcissas representa-se a ordem do *ranking* e no eixo das ordenadas os *order weights*.



Adaptado de: Eastman *et al.* (1998)

Figura 2.8 - Espaço estratégico de decisão (OWA)

A variável *ANDness* mede a atitude de risco, definida pela Equação 2.8. O *trade-off* mede a compensação entre critérios e é definido pela Equação 2.9 (Eastman *et al.*, 1998).

$$ANDness = \frac{1}{n-1} \sum_i^n [(n-i)O_i] \quad (2.8)$$

$$Trade-off = 1 - \sqrt{\frac{n \sum_i^n (O_i - 1/n)^2}{n-1}} \quad (2.9)$$

Nas equações, n é o número total de fatores, i é a ordem do fator e O_i é o peso (*order weight*) para o fator de ordem i .

Exemplos do cálculo de pontos de decisão e respectivos valores de *ANDness* e *trade-off*, podem ser consultados em Ramos (2000); Silva *et al.* (2008) e Soares (2002).

2.3.3 Os Sistemas de Informação Geográfica na análise multicritério

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem uma ferramenta de análise que sintetizam informação espacial com o detalhe exigido para estudos de planeamento (Prenzel, 2004). Os modelos de análise multicritério ao serem implementados num ambiente de análise geográfica constituem-se como ferramentas apropriadas para a modelação e análise da dinâmica urbana (Bhatta *et al.*, 2010), a realização de estudos de natureza espacial e em particular do planeamento urbano (Masser, 2001), potenciando a análise espacial e a sua incorporação em modelos espaciais de apoio à decisão (Dur *et al.*, 2009; Graymore *et al.*, 2009).

Os modelos de análise multicritério são facilmente incorporados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (Baz *et al.*, 2009; Chang *et al.*, 2008; Graymore *et al.*, 2009), uma vez que muitos dos atributos do território possuem uma representação espacial e têm relações diretas com as características dos elementos espacialmente adjacentes. Igualmente, e devido à sua estruturação, o modelo do Processo Analítico Hierárquico (AHP) é facilmente integrável na análise e estudo de fenómenos espaciais desenvolvidos em Sistemas de Informação Geográfica (Ananda e Herath, 2008; Baz *et al.*, 2009; Chang *et al.*, 2008; Graymore *et al.*, 2009). A convergência dos Sistemas de Informação Geográfica com Sistemas de Gestão de Bases de Dados ajuda a quantificar, a monitorizar, a modelar e consequentemente a prever o fenómeno de *sprawl* urbano (Jat *et al.*, 2008). Deste modo, é possível a utilização de modelos de análise multicritério organizados segundo a abordagem AHP, num ambiente em que a informação está estruturada por níveis de análise, permitindo além da análise e cálculo do objetivo final a elaboração de análises parciais que incidam apenas sobre alguns aspetos em estudo. A modelação da sustentabilidade englobando a combinação de vários critérios com diferentes origens, pode ser construída com base numa abordagem do tipo multicritério e com uma representação espacial. A estrutura a eleger para o modelo deve conduzir a um resultado realista do território em análise. Assim, a implementação de um modelo de análise multicritério em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica constitui um modelo espacial de análise multicritério, possibilitando a modelação e a análise do desenvolvimento urbano. Integrando indicadores de desenvolvimento sustentável como critérios do modelo é possível realizar a análise num contexto de desenvolvimento sustentável. Conclui-se, assim, que este tipo de abordagem é adequado a estudos relacionados com o desenvolvimento urbano, nomeadamente

do *sprawl* urbano, num contexto de sustentabilidade da expansão urbana e análise do seu impacto na área urbana.

2.4 CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica realizada e apresentada ao longo deste Capítulo permite tirar algumas conclusões relativas aos assuntos expostos, as quais se apresentam de seguida.

A expansão urbana de forma desorganizada e insuficientemente planeada é uma condicionante da qualidade de vida e do bem-estar social de muitas comunidades urbanas. O aparecimento de novas construções, com preferência por habitações unifamiliares com espaços ajardinados, obriga a que as cidades se dispersem para a periferia, gerando áreas urbanas de baixa densidade. A extensa rede de infraestruturas de transporte, ou de outro tipo, cria impactos indiretos na fragmentação do uso do solo provocando um efeito de barreira que degrada as funções ecológicas dos *habitats* naturais. Este modelo de desenvolvimento urbano conduz à elevada necessidade do uso de transporte privado, aumentando as emissões de gases poluentes atmosféricos, os níveis de ruído, o congestionamento do tráfego, entre outros impactos diretos e indiretos provocados sobre o meio ambiente, a sociedade e a economia local. O crescimento das áreas construídas dentro das zonas urbanas, não acompanhando a evolução demográfica, está normalmente associado a um modelo de planeamento urbano deficitário e ao insuficiente controlo do uso do solo, conduzindo ao desordenamento do território urbano e ao consumo excessivo dos recursos naturais e das infraestruturas urbanas. Este modelo de expansão urbana, caracterizado pelo espalhamento urbano, denomina-se por *sprawl* urbano. A existência de *sprawl* em cidades europeias e portuguesas ficou provado pela revisão da bibliografia apresentada ao longo deste Capítulo. Atendendo aos impactos ambientais, sociais e económicos provocados pelo *sprawl* urbano conclui-se que este compromete a gestão sustentável do uso do solo. Para que seja controlado, é importante que as políticas urbanas sejam conduzidas segundo um modelo de desenvolvimento urbano sustentável. A solução para um modelo de crescimento urbano sustentável depende do modelo de desenvolvimento urbano existente em cada cidade, de modo a que a respetiva avaliação permita identificar os problemas existentes e seja possível traçar medidas para corrigir, mitigar ou evitar más práticas.

Os indicadores de desenvolvimento sustentável são medidas que possibilitam a análise do problema identificado, devendo a sua seleção ser feita com o conhecimento claro do objetivo a tratar, definido ao nível da cidade e de acordo com as prioridades da cidade. Estes devem integrar as dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social, económico e institucional. A escolha apropriada dos indicadores de desenvolvimento sustentável constitui a

chave para o sucesso e a análise da sustentabilidade urbana. A lista de indicadores deve ser ajustada de acordo com as necessidades emergentes a tratar. A agregação dos indicadores de desenvolvimento sustentável, com base num modelo, e seguindo determinadas regras possibilita o cálculo de um indicador composto ou índice, visando analisar o comportamento do *sprawl* urbano numa abordagem que promova a coesão, a integração e a sustentabilidade urbana. Para atingir o objetivo pretendido, o cálculo deste índice deve ser feito de forma criteriosa, envolvendo princípios teóricos e morfológicos devidamente avaliados. A qualidade do índice depende da qualidade e adequação dos dados usados.

Os modelos de análise multicritério possibilitam a integração de vários fatores em diferentes formatos, a sua agregação segundo regras de decisão e objetivos bem identificados de forma a conduzirem ao resultado procurado. Estruturando o modelo de análise multicritério segundo a abordagem hierárquica AHP é possível integrar grandes quantidades de dados ao longo da estrutura hierárquica, assumindo o processo de construção do modelo uma abordagem de cima para baixo. A avaliação dos critérios é feita através da ordenação dos diferentes fatores em cada nível hierárquico. Esta abordagem aplicada aos modelos de análise multicritério melhora a compreensão do problema e facilita a transparência no processo de tomada de decisão. Os modelos de análise multicritério, bem como o modelo do Processo Analítico Hierárquico podem ser facilmente implementados em Sistemas de Informação Geográfica constituindo um sistema espacial de apoio à decisão. Num contexto de análise do desenvolvimento sustentável da expansão urbana, os critérios a integrar no modelo correspondem aos indicadores de desenvolvimento sustentável identificados para a área urbana em estudo e a totalidade dos indicadores compõem o nível inferior da hierarquia do modelo. Toda esta estrutura constitui uma ferramenta de análise e estudo de fenómenos ligados ao planeamento e às dinâmicas urbanas, sendo possível quantificar, monitorizar e modelar o *sprawl* urbano, segundo regras bem estabelecidas e objetivos bem identificados, conduzindo a um resultado funcional.

Considerando toda a pesquisa bibliográfica exposta ao longo deste Capítulo, conclui-se que é possível avaliar o desenvolvimento urbano sustentável através de um modelo que agregue diferentes dimensões de sustentabilidade urbana, com os critérios organizados ao longo de uma estrutura hierárquica, constituindo um modelo de análise multicritério. Tendo-se constatado ser esta uma lacuna existente na bibliografia, em especial em Portugal, o contributo desta Tese será criar um modelo de análise multicritério que estructure dimensões urbanas definidas num contexto de desenvolvimento urbano sustentável, constituindo um Índice de Expansão Urbana Sustentável. A inclusão no modelo da avaliação de risco possibilitará a identificação dos fatores

com maior ou menor desempenho e que por isso contribuem mais ou menos para a sustentabilidade urbana. Neste sentido, o modelo constituirá uma ferramenta de apoio ao planeamento e à gestão urbana sustentável, no sentido de que facilitará a análise da cidade no contexto de sustentabilidade a definir, identificando as causas de problemas e auxiliando na tomada de decisão.

METODOLOGIA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO DA EXPANSÃO URBANA

3.1 INTRODUÇÃO

A expansão urbana acontece mediante a ocupação das áreas periféricas das cidades, transformando o solo rural em solo urbano e provocando a alteração dos usos do solo. Como ficou explícito no Capítulo II, as práticas utilizadas ao longo das últimas décadas na gestão e no planeamento urbano foram desadequadas a um modelo de crescimento urbano sustentável, gerando áreas urbanas de baixa densidade e com grande consumo de recursos naturais. Este paradigma, denominado *sprawl* urbano, também afetou as cidades portuguesas. Por conseguinte, justifica-se uma análise mais detalhada de modo a identificar os respetivos impactos no desenvolvimento urbano segundo um modelo de sustentabilidade.

Com o objetivo de calcular um Índice de Expansão Urbana Sustentável, propõe-se nesta Tese um modelo de análise multicritério, organizado sob os domínios do planeamento urbano integrado e sustentado. O modelo, estruturado segundo o Processo Analítico Hierárquico, ordena os critérios ao longo dos diferentes níveis hierárquicos de modo a avaliar e a identificar os fatores que penalizam ou favorecem o nível de sustentabilidade urbana, em particular em zonas de expansão. A integração no modelo de um conjunto de indicadores que recaem sobre a avaliação da forma urbana e suas infraestruturas, de fatores sociais e económicos, da mobilidade urbana e da ocupação do solo, visa analisar os padrões de gestão urbana adotados, permitindo também identificar medidas de ação, segundo uma visão de desenvolvimento urbano sustentável, de modo a promover melhorias no sentido de alcançar melhores níveis de sustentabilidade urbana. Deste modo, o modelo de análise multicritério propõe uma ferramenta de avaliação do arquétipo da expansão urbana em áreas contíguas ao núcleo urbano consolidado. Estas áreas urbanas, sendo zonas periféricas, constituem as zonas de expansão e são mais suscetíveis aos problemas relacionados com o *sprawl* urbano. Consequentemente, a área urbana de interesse para a aplicação do modelo corresponde ao anel compreendido entre o

núcleo urbano consolidado, normalmente coincidente com o centro da cidade ou o centro histórico, e o limite exterior do perímetro urbano.

Hierarquicamente o modelo de análise multicritério está estruturado em quatro níveis. O nível hierárquico superior, relativo ao primeiro nível, é constituído por 6 critérios denominados Domínios (D). Estes, estando no topo da hierarquia, agregam os respetivos critérios dos níveis hierárquicos inferiores. O segundo nível hierárquico é constituído por 28 critérios, denominados Subdomínios (SD). O terceiro nível hierárquico é composto pelos indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS), num total de 44 critérios. O último nível, que corresponde ao nível mais baixo na hierarquia, contém 21 critérios denominados subindicadores (SI). Estes critérios compõem o quarto nível hierárquico e são subgrupos dos indicadores aos quais se ligam. No total, o modelo de análise multicritério é composto por 99 critérios, ao longo de toda a sua estrutura hierárquica.

Ao longo deste Capítulo apresentam-se os critérios que integram o modelo de análise multicritério, nomeadamente os subindicadores e os indicadores de desenvolvimento sustentável identificados através de pesquisa bibliográfica, procurando satisfazer os objetivos traçados para o tema desta Tese. O Capítulo está organizado em quatro Secções principais, sendo a primeira a presente Introdução. Na segunda Secção, apresentam-se os critérios que compõem o modelo, bem como a respetiva ordem na estrutura hierárquica. Ao longo desta Secção são descritos pormenorizadamente os critérios referentes ao primeiro nível (Domínios) e ao segundo nível (Subdomínios). Na terceira Secção do Capítulo expõem-se os critérios dos terceiro e quarto níveis hierárquicos. Descrevem-se todos os subindicadores e os indicadores de desenvolvimento sustentável selecionados a partir das fontes bibliográficas consultadas. Foi criado um modelo de ficha descritiva para a apresentação dos subindicadores e dos indicadores, de modo a facilitar a respetiva leitura e uniformizar os conteúdos. Na quarta e última Secção apresentam-se algumas conclusões.

3.2 FORMULAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Com base em pesquisa bibliográfica e após alguma investigação sobre a problemática do crescimento urbano, identificaram-se seis Domínios como agentes relevantes para a análise da expansão urbana. Estes seis critérios suportam os conceitos definidos como fundamentais para o desenvolvimento de todo o modelo e refletem as grandes áreas de preocupação relacionadas com a expansão urbana e conseqüente *sprawl* urbano, e o seu impacto no nível de sustentabilidade da cidade. A partir dos Domínios foram criados Subdomínios, aos quais se associaram os indicadores de desenvolvimento sustentável e quando necessário os

subindicadores de desenvolvimento sustentável. Esta estrutura de cima para baixo permitiu associar a cada Domínio um conjunto de medidas, de forma a caracterizar a análise pretendida na sua definição. A adoção desta metodologia direcionou a pesquisa para variáveis que possibilitam atingir o objetivo pretendido, de forma abrangente e precisa. Deste modo, o objetivo principal está posicionado no topo da hierarquia do modelo, aumentando a especificidade das variáveis à medida que se desce na hierarquia. Neste enquadramento, o modelo foi estruturado segundo a abordagem do Processo Analítico Hierárquico partindo do objetivo identificado inicialmente.

As dimensões ambiental, social, económica e institucional, relativas ao conceito da sustentabilidade, são introduzidas no modelo através dos subindicadores e dos indicadores de desenvolvimento sustentável.

A identificação dos critérios no modelo é feita por um identificador (ID) atribuído a cada critério. A relação hierárquica entre os vários critérios dos quatro níveis, identificados ao longo da estrutura, é estabelecida de acordo com os índices de numeração que constituem os respetivos identificadores. A Figura 3.1 esquematiza a estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério.

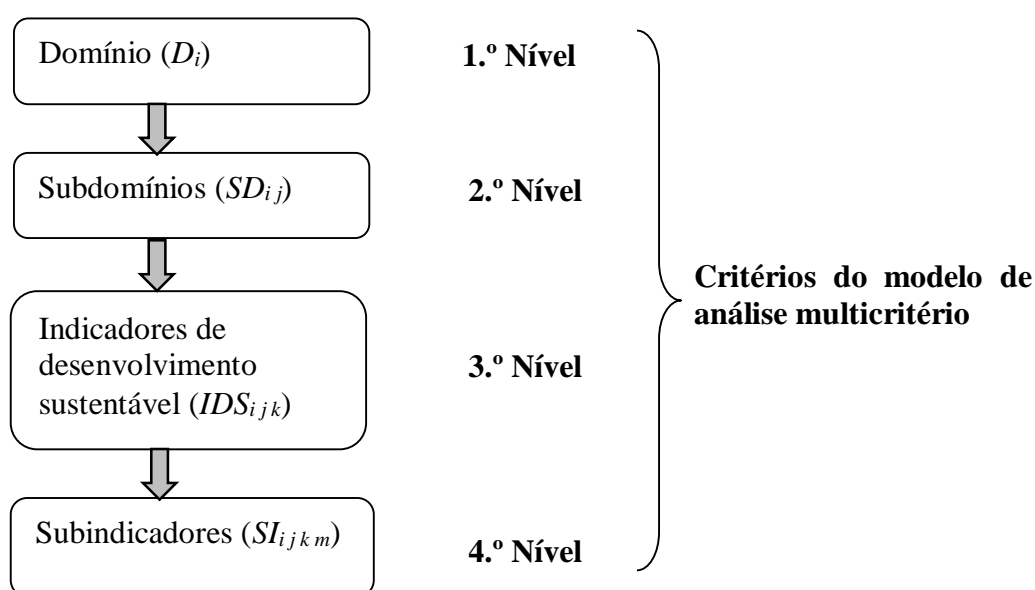


Figura 3.1 – Estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério

A agregação de todos os critérios ao longo da estrutura hierárquica avalia a sustentabilidade urbana, e por conseguinte o nível de influência do *sprawl* urbano sobre o território, no contexto dos Domínios identificados, resultando num Índice de Expansão Urbana Sustentável.

3.2.1 Critérios do modelo de análise multicritério

Ao longo desta Subsecção expõem-se os critérios do modelo de análise multicritério, de forma sequencial e de acordo com a respetiva hierarquia e integração no modelo. Assim, são expostos em primeiro lugar os Domínios, seguido dos Subdomínios, respetivos indicadores e subindicadores de desenvolvimento sustentável.

3.2.1.1 Domínios

Os Domínios constituem os principais pilares que suportam todo o modelo de análise multicritério e têm por objetivo identificar os fatores fundamentais que influenciam o desenvolvimento urbano sustentável. Estes surgiram na sequência da busca de resposta ao tema da Tese, especificamente as problemáticas associadas à expansão urbana de baixa densidade, que constitui a base de toda a investigação desenvolvida. Assim, o conceito e a definição destas dimensões são originais. Contudo, para que o seu conteúdo não fosse unicamente empírico realizou-se pesquisa bibliográfica de modo a fundamentar a respetiva essência e que serviu de apoio à convergência de ideias para definir as dimensões relacionadas com a dispersão urbana, as suas causas e impactos no ambiente, na sociedade e na economia de uma cidade. O seu reconhecimento teve ainda como linhas orientadoras a identificação de práticas não sustentáveis de gestão do território urbano. Assim, identificaram-se os Domínios na perspetiva da análise da expansão urbana e segundo as dimensões de sustentabilidade (social, ambiental, económica e governança do território).

Na Tabela 3.1 identificam-se os Domínios criados e os respetivos identificadores atribuídos (ID).

Tabela 3.1 – Domínios do modelo de análise multicritério

| ID | Domínio |
|-----------|---|
| D1 | Dispersão e forma do crescimento urbano |
| D2 | Cobertura das infraestruturas básicas urbanas |
| D3 | Cobertura das infraestruturas viárias urbanas |
| D4 | Mobilidade urbana |
| D5 | Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis |
| D6 | Ocupação de zonas de risco |

De um modo geral, estes Domínios têm por objetivo qualificar e analisar a morfologia urbana, averiguar aspetos territoriais e organizacionais, identificar e localizar se há ocupações em áreas de proteção ambiental e de zonas de risco e respetivas ocupações e também

caracterizar a mobilidade urbana. Seguidamente descrevem-se cada um dos referidos Domínios.

D1 Dispersão e forma do crescimento urbano

Para a caracterização da expansão urbana e análise dos respetivos efeitos, entendeu-se ser importante integrar no modelo, além de medidas relacionadas com a forma e gestão urbana, medidas que avaliem a participação e a integração da comunidade local nas vivências urbanas.

Embora a designação atribuída a este Domínio seja direcionada para a forma urbana, tem por objetivo também analisar aspetos sociais como, o nível de criminalidade existente, o grau de incidência de acidentes rodoviários, as oportunidades de emprego, o acesso à informação e à educação e a evolução demográfica. O estudo da disponibilidade e gestão de equipamentos urbanos e da intensidade de utilização do solo urbano são igualmente integrados neste Domínio. Deste modo, este Domínio foi criado no sentido de caracterizar a morfologia urbana e a sua relação com os aspetos sociais e de inclusão social. Assim, tem como principal objetivo qualificar e analisar o desenvolvimento urbano, identificando as práticas de planeamento, do uso e ocupação do solo, bem como a segurança urbana e a presença de equidade social. Deste modo, este Domínio dá especial destaque à avaliação das dimensões de sustentabilidade social, ambiental e de governação.

D2 Cobertura das infraestruturas básicas urbanas

Entendeu-se ser também importante integrar no Índice medidas que avaliem o impacto do modelo de desenvolvimento urbano sobre as infraestruturas urbanas, no sentido de investigar o nível de adequação da cobertura ao território urbano, a percentagem de população que usufrui destes serviços, os custos associados à manutenção das infraestruturas e construção de novos ramais de modo a servir a área urbana. Assim, este Domínio tem por objetivo analisar o desempenho do serviço prestado à população pelas redes de infraestruturas urbanas, particularmente a rede de abastecimento de água e a rede de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas. A despesa associada à recolha de resíduos urbanos e respetivo tratamento é outro aspeto importante no que diz respeito às infraestruturas urbanas de apoio ao bem-estar e qualidade de vida da comunidade. No contexto identificado, este Domínio integra de forma indireta a análise de todas as dimensões de sustentabilidade: social, ambiental, económica e de gestão das infraestruturas.

D3 Cobertura das infraestruturas viárias urbanas

Conforme apresentado no Capítulo II, um modelo de expansão urbana dispersa e fragmentada estimula o uso do carro privado, exigindo a ampliação das infraestruturas viárias e conseqüente consumo de recursos naturais. Deste modo, as zonas de baixa densidade urbana

ou de fraca intensidade de utilização do solo urbano podem induzir de forma direta a necessidade de criar novas infraestruturas viárias. Contudo, o inverso também poderá ser possível, ou seja, a existência de novas vias rodoviárias pode influenciar ou mesmo servir de incentivo à construção de novas habitações dispersas e mais distanciadas do núcleo urbano central. Num contexto de análise da sustentabilidade urbana justifica-se a avaliação destas problemáticas. Deste modo, o objetivo principal traçado para este Domínio prende-se com a análise da integração das infraestruturas viárias na malha urbana e respetivos impactos. Pretende-se assim, avaliar a cobertura destas infraestruturas, conseqüente fragmentação do território e impacto sobre a segregação urbana. Considera-se também importante a análise do espaço público absorvido para estacionamento e os custos associados a estas infraestruturas. Neste contexto, este Domínio também inclui na análise as dimensões de sustentabilidade social, ambiental, económica e de governação.

D4 Mobilidade urbana

A avaliação do modelo de mobilidade urbana é essencial quando se pretende avaliar os efeitos da expansão urbana sobre o território e a população. Este tipo de análise permite identificar as boas e as más práticas, de forma a implementar alternativas de mobilidade sustentável. Como já referido, o alastramento da área construída de uma cidade aumenta a necessidade de uso de carro próprio, tendo como consequência a diminuição da qualidade do ar atmosférico devido aos elevados níveis de emissão de gases poluentes, o aumento dos níveis de ruído no ambiente urbano, o congestionamento do tráfego condicionando a mobilidade da população. Todos estes fatores têm influência sobre a qualidade de vida da população, diminuindo o seu bem-estar. Além do transporte privado é também importante avaliar o funcionamento e a oferta dos transportes públicos, como opção para a mobilidade urbana, bem como a oferta de condições urbanas para o uso de meios de deslocação não poluentes e a predisposição da população para a sua utilização. Além das condicionantes ambientais mencionadas, esta problemática recai também sobre a economia dos agregados familiares, aumentando os custos de viagem, quer no que respeita ao tempo despendido diariamente para viagens, quer no que se refere ao custo financeiro. Todos estes aspetos influenciam o bem-estar coletivo e a governança da cidade, no sentido de obrigar a criar alternativas para contrariar estes efeitos, de forma a tornar o tráfego mais coeso e fluente.

A identificação deste Domínio tem como principais objetivos analisar: a disponibilidade e a qualidade dos transportes públicos e os custos associados ao seu uso; a diversidade modal praticada por viagem; o nível de congestionamento na cidade provocado pelo tráfego; as distâncias percorridas e o tempo associado a cada viagem; gestão do espaço associado ao

estacionamento; a sinistralidade rodoviária; a intensidade do uso do transporte individual; os impactos sobre o meio ambiente (ruído e emissão de poluentes); o grau de utilização de modos suaves; os custos para os agregados familiares inerentes à mobilidade urbana.

No âmbito descrito, este Domínio integra medidas que permitem analisar as dimensões de sustentabilidade ambiental, social, económica e de governação.

Ao identificar o modelo de mobilidade praticado na cidade, este Domínio auxilia no reconhecimento das políticas de mobilidade a implementar no sentido de tornar a mobilidade urbana mais eficiente e sustentável.

D5 Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis

O crescimento urbano desmedido pode contribuir para a desvalorização das zonas protegidas ambientalmente e respetivos ecossistemas, levando ao descuido da respetiva gestão.

A integração deste Domínio no índice de expansão urbana sustentável tem como principal objetivo localizar zonas ambientalmente sensíveis e/ou protegidas existentes na zona urbana e avaliar as respetivas ocupações do solo. Consequentemente analisam-se também as práticas de gestão exercidas sobre estas áreas. Assim, propõe-se analisar a ocupação das áreas protegidas e a respetiva adequação às restrições impostas por legislação própria; verificar as políticas locais relativas à respetiva gestão e ocupação e a sua aplicação. Portanto, este Domínio avalia não só questões ambientais, como também as respetivas consequências indiretas sobre a sociedade e a economia local, identificando os fatores mais críticos no sentido de serem tomadas medidas para mitigar ou evitar situações com impactos negativos sobre estas áreas. Neste contexto, este Domínio integra de forma indireta as dimensões de sustentabilidade ambiental, social, económica e de governação.

D6 Ocupação de zonas de risco

Como também foi exposto no Capítulo II, a expansão urbana não regulada pode levar à ocupação de zonas vulneráveis e suscetíveis ao risco com origem em fenómenos naturais, como inundações, deslizamento do solo, derrocadas, erosão, entre outros. Entende-se assim, ser fundamental que a avaliação da sustentabilidade urbana inclua a análise deste tema. Deste modo, pretende-se analisar a vulnerabilidade da população a situações de desastres naturais, a ocorrência de eventos desta natureza e as perdas económicas derivadas.

Atendendo a que, parte destes acidentes ocorrem por ação direta do Homem devido às intervenções associadas a alterações do uso e ocupação do solo, considera-se que a análise deste Domínio contribui para avaliar se o suporte físico do território e o seu funcionamento está a ser devidamente considerado nos processos de ordenamento do território e planeamento urbano. Assim, são avaliados os riscos existentes e a possibilidade de implementar políticas de gestão

do risco, de modo a prevenir os respetivos impactos sobre a sociedade, a economia e também o efeito sobre o ambiente. Neste contexto, este Domínio inclui as dimensões de sustentabilidade social, económica, ambiental e de governação.

3.2.1.2 Subdomínios

Os Subdomínios constituem o 2.º nível hierárquico do modelo de análise multicritério e resultam da subdivisão dos Domínios em critérios que lhes estão associados e expressam o contributo de cada Domínio para o estudo da sustentabilidade em zonas de expansão urbana. Refletem temas específicos associados a cada um dos Domínios e que vão ao encontro de cumprir com os objetivos traçados para o respetivo Domínio.

A sua definição resulta da pesquisa bibliográfica efetuada e da necessidade em criar grupos de temas que possibilitem agregar variáveis idênticas (indicadores), com objetivos semelhantes, para a análise da sustentabilidade urbana. A designação atribuída a cada Subdomínio advém do respetivo conteúdo. A identificação no modelo de análise multicritério é feita pela atribuição de um indentificador (ID) reativo ao Domínio e um segundo relativo ao Subdomínio desse Domínio. No total foram identificados 28 Subdomínios para integrar o modelo de análise multicritério.

De seguida, expõe-se cada um dos Subdomínios identificados de acordo com a ordem pela qual estão integrados no modelo.

DI.1 Inclusão social

Este Subdomínio visa avaliar o nível de sustentabilidade social na zona urbana em estudo, analisando as condições da habitação, o nível de desemprego existente, o acesso à educação e outras oportunidades que promovam o bem-estar social. É importante que a população se sinta integrada, com oportunidades equitativas de forma a reduzir a segregação socio-espacial na zona urbana.

DI.2 Aspetos sociais

A integração deste Subdomínio no modelo de análise multicritério tem por objetivo analisar o bem-estar geral dos cidadãos. Neste sentido, é avaliado o grau de segurança urbana, quer pela incidência de acidentes rodoviários quer pelo nível de criminalidade existente na cidade; o nível de satisfação relativamente à gestão municipal e também o grau de participação dos habitantes em processos de decisão, como eleitorais ou integrar coletividades locais. O nível educacional da população é outro fator considerado para a análise dos aspetos sociais, podendo ser um elemento condicionador das restantes medidas enunciadas e associadas a este Subdomínio. Pretende-se assim, incluir na análise o interesse dos cidadãos pela vida ativa da

cidade e em participar em processos de tomada de decisão, de forma a promover a governança urbana com a participação de todos os intervenientes.

D1.3 Planeamento e gestão de equipamentos urbanos

A disponibilidade de equipamentos urbanos para a população é um elemento importante na promoção da qualidade de vida dos cidadãos. Neste pressuposto, este Subdomínio analisa a presença *per capita* de espaços públicos, espaços verdes, espaços de património e serviços básicos na zona urbana. É fundamental avaliar a respetiva localização e averiguar se o nível de cobertura e acesso por parte da população é suficiente. Deste modo, este Subdomínio analisa a acessibilidade a estes espaços por parte da comunidade urbana, de forma a promover um modelo de planeamento urbano integrado.

D1.4 Configuração do crescimento urbano

Este Subdomínio avalia o crescimento urbano de maneira a promover o uso sustentável do solo. Neste âmbito, são integrados no modelo de análise multicritério, através deste Subdomínio, medidas relacionadas com a evolução demográfica, avaliação de solo urbanizado e correspondente grau de intensidade de utilização do solo artificializado. Quantifica-se assim o grau de urbanização e de dispersão urbana, permitindo avaliar as políticas seguidas na ocupação do solo dentro da área urbana.

D1.5 Planeamento e controlo do uso e ocupação do solo

É objetivo da integração deste Subdomínio no modelo de análise multicritério avaliar as alterações ocorridas na ocupação e uso do solo ao longo de um determinado período de tempo, de modo a estudar a evolução do nível de artificialização do solo urbano. Permite assim, analisar o avanço da ocupação do solo e investigar se esta foi conduzida seguindo padrões de desenvolvimento urbano sustentável.

D2.1 Integração das infraestruturas urbanas

O nível de vida oferecido aos habitantes de uma cidade, entre outros aspetos, relaciona-se com o acesso à água potável e ao saneamento básico. Este Subdomínio tem por objetivo avaliar o grau de integração e adequação das redes de infraestruturas básicas no espaço urbano. A análise da distribuição espacial destas redes avalia as zonas urbanas onde estes serviços existem, bem como a percentagem de população servida pelas infraestruturas de abastecimento de água, de recolha, drenagem e tratamento de águas residuais. É uma medida importante quando se pretende promover a equidade social e o desenvolvimento urbano integrado e sustentado.

D2.2 Manutenção das infraestruturas urbanas

Os serviços prestados à comunidade naturalmente têm custos associados, que se relacionam com a gestão e manutenção das redes de infraestruturas urbanas. Para além das redes de abastecimento de água, de drenagem e tratamento de águas residuais, o serviço de recolha de lixo é outro fator importante e a ter em conta no cálculo das despesas associadas aos serviços básicos urbanos. A integração deste Subdomínio no modelo de análise multicritério tem por objetivo avaliar a despesa ambiental no tratamento destes serviços, no sentido de promover políticas de sustentabilidade económica na gestão da zona urbana sem que as mesmas sejam limitativas da qualidade dos serviços disponíveis à sociedade.

D3.1 Distribuição das infraestruturas de transporte

As infraestruturas de transporte, apesar da sua relevância para o bem-estar da comunidade no sentido em que facilitam a união social e a mobilidade da população, conduzem também ao consumo de grandes quantidades do espaço urbano. Neste sentido, poderão constituir um encargo bastante negativo para a sustentabilidade urbana.

Este Subdomínio tem por objetivo avaliar a distribuição e respetiva integração das redes de transporte na zona urbana, assim como o espaço ocupado por estas infraestruturas. Neste contexto, a integração deste Subdomínio no modelo de análise multicritério analisa a fração de solo urbano absorvido pelas infraestruturas, no sentido de se promoverem políticas de gestão sustentáveis na ocupação do solo urbano.

D3.2 Efeito de barreira

As infraestruturas de transporte têm impactos sobre a ocupação urbana provocando a fragmentação no uso do solo. Este efeito, além de estimular a segregação urbana e consequente descontinuidade, pode também provocar impactos sobre os ecossistemas e o meio ambiente.

Este Subdomínio tem por objetivo analisar o efeito provocado pela rede de infraestruturas rodoviárias no ambiente urbano, como elemento promotor da fragmentação do território e consequente efeito de barreira. A integração deste Subdomínio no modelo de análise multicritério permite avaliar e localizar situações de fracionamento no uso do solo urbano, identificar os tipos de uso e ocupação do solo que estão a ser afetados e estudar os seus efeitos, no sentido de evitar situações futuras e se possível reverter ou corrigir as situações mais graves.

D3.3 Manutenção das infraestruturas de transporte

A quantificação dos custos associados à gestão e manutenção das infraestruturas rodoviárias, bem como dos custos necessários para o funcionamento da frota da rede de transportes públicos, permite compreender os impactos económicos destes serviços sobre as autoridades públicas responsáveis pela sua gestão.

A dispersão urbana, como agente promotor da expansão das redes rodoviárias, contribui para o aumento dos custos associados à manutenção destas infraestruturas e obriga os transportes públicos a percorrerem maiores distâncias. Neste contexto, a avaliação dos investimentos e respetivos custos associados possibilita analisar o nível de adequação destas infraestruturas à malha urbana, e se necessário traçar medidas com metas mais sustentáveis.

D3.4 Parqueamento

O uso de transportes privados força a necessidade de novos parques urbanos para o estacionamento dos veículos. Além da quantidade de solo urbano absorvido para estes equipamentos, é também importante não esquecer os consequentes impactos ambientais inerentes à impermeabilização do solo e os impactos económicos.

O *sprawl* urbano aumenta a necessidade de uso de carro próprio na realização das viagens diárias entre a periferia urbana e o centro, ou entre zonas da periferia. Neste sentido, este Subdomínio tem por objetivo avaliar o consumo de espaço público para estacionamento por parte dos cidadãos. Além da área é também importante avaliar o tempo que cada habitante gasta diariamente em estacionamento.

Este Subdomínio, ao calcular o espaço que cada habitante utiliza para parqueamento, permite uma análise dos impactos ambientais e económicos deste equipamento no sentido de adaptar as necessidades à oferta, evitando a impermeabilização desnecessária do solo.

D4.1 Diversificação modal

Este Subdomínio investiga a organização da mobilidade urbana dos cidadãos, os diferentes meios de transporte disponíveis e respetiva divisão intermodal. Há diferentes aspetos que contribuem para definir o modelo geral da mobilidade de cada cidadão como, o número de viagens realizadas diariamente, o(s) meio(s) de transporte(s) utilizados, os motivos das viagens, a distância percorrida, etc.. Assim, é importante avaliar e localizar a articulação entre os vários modos de transporte, de forma a estimar as hipóteses que os cidadãos têm para alternar entre diferentes meios de transporte ao longo de cada percurso.

Este tipo de estudo é importante de forma a apurar as vantagens e desvantagens no uso de diferentes modos de transporte e respetiva aplicabilidade, bem como as possíveis melhorias a utilizar. A diversificação modal quando bem implementada constitui um incentivo à sustentabilidade urbana, na medida em que diminui o uso de carro privado, contribuindo assim para a melhor qualidade do meio ambiente, podendo também contribuir para menores custos de viagem e melhorar o conforto e a comodidade dos passageiros.

D4.2 Sinistralidade rodoviária urbana

O aumento do uso do transporte privado aumenta a probabilidade de ocorrerem acidentes rodoviários. A sinistralidade rodoviária tem impactos sobre a sociedade e a economia, pelo que tem interesse avaliar este tipo de episódios.

A integração deste Subdomínio no modelo de análise multicritério tem por objetivo avaliar os acidentes de trânsito com vítimas que ocorrem na zona urbana, de forma a ser possível implementar medidas de prevenção e redução dos acidentes e deste modo aumentar a segurança rodoviária e o nível de habitabilidade dentro do espaço urbano. Neste contexto, conhecer os dados da sinistralidade rodoviária para uma determinada zona urbana permite analisar as causas prováveis, de forma a ser possível tomar medidas no sentido de prevenir ou diminuir a sua frequência, e assim melhorar os respetivos impactos sociais e económicos.

D4.3 Transporte individual

O uso de transporte individual tem consequências ambientais, sociais e económicas, pelo que é importante analisar as rotinas dos cidadãos no uso deste meio de transporte.

Este Subdomínio analisa os hábitos dos cidadãos na utilização do transporte individual dentro da zona urbana e mede o número de viagens realizadas diariamente. Esta análise poderá facilitar a implementação de medidas de incentivo ao uso de outros meios de transporte mais sustentáveis.

D4.4 Tipo de viagem

A caracterização das viagens realizadas por cada cidadão dentro da zona urbana permite conhecer com maior detalhe os seus hábitos de mobilidade urbana.

A integração deste Subdomínio no modelo de análise multicritério tem por objetivo conhecer as distâncias diárias percorridas e os tempos despendidos nas viagens realizadas. É importante separar a análise entre as distâncias de viagem realizadas com veículos motorizados e viagens não motorizadas, de modo a classificar o uso de transportes não poluentes e com impactos reduzidos no ambiente.

D4.5 Fluidez e circulação

O congestionamento do tráfego em zonas urbanas é um problema que os cidadãos têm que enfrentar diariamente, aumenta os tempos de viagem, diminuiu a velocidade de percurso e a fluidez do tráfego rodoviário. Este fator aumenta os níveis de emissão de gases poluentes para a atmosfera e diminui a qualidade do ar.

Esta situação está relacionada com a organização da mobilidade urbana. De forma a avaliar este tipo de fenómeno urbano, foi integrado no modelo de análise multicritério este Subdomínio cujo objetivo se relaciona com a análise das condições de circulação do tráfego

urbano, de forma a serem implementadas ações de melhoria na fluidez do tráfego e assim facilitar a mobilidade motorizada urbana. Deste modo, é melhorada a acessibilidade dos cidadãos e reduzem-se os impactos sobre o meio ambiente.

D4.6 Custos para a mobilidade urbana

A mobilidade urbana tem custos associados, quer para as famílias quer para as empresas. Criou-se este Subdomínio relativo aos custos para a mobilidade urbana de forma a melhor integrar e agregar os indicadores desta natureza no modelo de análise multicritério.

É objetivo deste Subdomínio avaliar os custos relacionados com a mobilidade urbana que são suportados pela comunidade e os agregados familiares. Neste sentido, consideram-se os custos anuais relativos a taxas, combustível, estacionamento, montantes despendidos para o transporte público, etc..

Esta análise permite quantificar os custos envolvidos para a mobilidade dentro da zona urbana, podendo servir para implementar medidas para reduzir os custos de mobilidade (diminuir os impactos económicos na comunidade), ou por outro lado evitar a circulação excessiva em determinados locais pela implementação de taxas, melhorando deste modo a circulação dentro da zona urbana e promovendo o uso de meios de deslocação mais ecológicos.

D4.7 Lugares de estacionamento

O estacionamento é intrínseco à mobilidade em transportes motorizados, em particular o transporte privado. A disponibilidade de lugares dentro da zona urbana incentiva o uso de carro privado, assim como o custo associado. Deste modo, este Subdomínio tem por objetivo avaliar o número de lugares disponíveis em parques de estacionamento público e respetiva taxa de ocupação. A avaliação desta medida possibilita adaptar a oferta dos parqueamentos na zona urbana às necessidades dos cidadãos, e por outro lado ajustar as tarifas.

D4.8 Política de tarifário

O objetivo da integração deste Subdomínio no modelo de análise multicritério é avaliar as políticas relacionadas com as tarifas praticadas em transportes públicos, analisar se os respetivos valores são adequados e acessíveis a todos os utilizadores e se existem subsídios de apoio à população mais carenciada. Esta medida, definida nestes termos, apresenta preocupações sociais e económicas relevantes para o estímulo ao uso do transporte público na zona urbana, o que de forma indireta também beneficia os valores ambientais.

D4.9 Controlo dos impactos no meio ambiente

Os impactos no meio ambiente provocados pelos sistemas de transporte são excessivos, principalmente em zonas urbanas onde a concentração de veículos automóveis é maior e a fluidez do tráfego é menor. É importante analisar estes impactos de modo a reduzir os efeitos

nocivos dos gases poluentes na atmosfera e diminuir o efeito de estufa. Além da poluição, também os níveis de ruído são prejudiciais ao bem-estar da comunidade em meio urbano. É importante implementar instrumentos de monitorização e controlo dos impactos dos sistemas de transporte sobre o meio ambiente.

Neste contexto, este Subdomínio tem por objetivo avaliar a emissão de gases poluentes e consequente qualidade do ar, bem como a poluição sonora e também a quantidade de resíduos gerados pelos transportes devido à mobilidade. Esta avaliação visa implementar políticas para reduzir os efeitos negativos provocados pelos transportes em ambiente urbano, de forma a melhorar a qualidade de vida da comunidade e o nível de habitabilidade na cidade.

D4.10 Meios de transporte não poluentes

Para melhor estruturar o modelo de análise multicritério e agregar todos os indicadores relacionados com a mobilidade urbana por meios de transporte não poluentes, criou-se este Subdomínio. Inicialmente para a estrutura do modelo foram criados dois Subdomínios, designados por “Ciclovias” e “Mobilidade pedonal”, nos quais se agregariam todos os indicadores relacionados com estas temáticas. No entanto, após melhor análise optou-se por um só Subdomínio para o seu estudo. Este Subdomínio tem como objetivo verificar os hábitos e predisposição dos cidadãos para o uso de meios de transporte não motorizados.

A utilização de meios de transporte amigos do ambiente, especialmente aplicados à mobilidade urbana definida como a mobilidade para as deslocações e necessidades básicas, tem por objetivo reduzir o uso desnecessário de veículos motorizados. A existência de infraestruturas, ações e estratégias de incentivo ao uso de meios de transporte não motorizados e o aumento ou diminuição do comprimento de vias pedonais e ciclovias é uma indicação útil das políticas da cidade para promover a mobilidade sustentável.

D4.11 Consumo de recursos naturais

Este Subdomínio tem por objetivo quantificar o consumo de combustível necessário para a mobilidade urbana, em particular pelo uso diário de veículos motorizados na zona urbana. Sendo os combustíveis provenientes de recursos naturais esgotáveis, a sua excessiva utilização pode conduzir ao colapso deste bem natural. Para além disso, o uso de combustível contribui para a concentração de gases na atmosfera provocada pela libertação de calor na sua combustão. Deste modo, é possível avaliar o nível de sustentabilidade associado ao uso destes recursos a partir do cálculo do respetivo consumo.

D4.12 Apoio ao cidadão

O acesso remoto a informação, como o telefone ou o uso de plataformas digitais facilmente acessíveis aos cidadãos, a partir das quais se acede a informação respeitante à

disponibilidade de transportes públicos e respetivos horários e trajetos, pode ser um meio de incentivo ao uso destes transportes, melhorando o acesso dos utentes a estes serviços de transporte e aumentando as alternativas para a mobilidade urbana. Neste contexto, foi criado este Subdomínio o qual avalia a disponibilidade de informação ao utente, a facilidade e eficiência do acesso, bem como a qualidade da informação disponibilizada. Considera-se uma medida importante, dado que pode contribuir para melhorar a mobilidade dos cidadãos dentro da área urbana.

D4.13 Disponibilidade e qualidade do transporte público

A cobertura da frota, a disponibilidade de horários de acordo com as necessidades dos utentes e a qualidade do serviço prestado, são fatores que influenciam o uso deste meio de transporte como opção para a mobilidade urbana.

A dispersão urbana dificulta a boa cobertura da rede de transportes públicos. Um dos motivos apontados poderá ser a baixa densidade de residentes por área construída que caracteriza este modelo de desenvolvimento urbano. Também podem ser indicados outros motivos, como as grandes distâncias a percorrer e todos os custos que acarretam. De forma a ser possível avaliar estas medidas e perceber qual o modelo de serviço de transporte público existente na zona urbana, foi criado este Subdomínio. Tem por objetivo analisar a qualidade dos transportes públicos, a cobertura da zona urbana e a satisfação dos cidadãos com este serviço. A análise da situação existente permite implementar medidas que promovam e facilitem o uso do transporte público, melhorando a qualidade do serviço prestado à comunidade.

D5.1 Localização de zonas ambientalmente sensíveis

O *sprawl* urbano e conseqüente dispersão das construções pode levar à ocupação de zonas protegidas ou classificadas, dada a sua natureza e biodiversidade. Assim, é essencial identificar a sua existência e localização dentro das zonas urbanas, para que possam ser preservadas. Neste enquadramento e reconhecendo a importância deste fator para uma análise da sustentabilidade, foi definido este Subdomínio o qual avalia a existência deste tipo de reservas dentro da área urbana. A sua localização permite avaliar a respetiva gestão e propor medidas, caso seja necessário, para corrigir os impactos provocados nestes meios.

D5.2 Formas de ocupação

Para além de localizar as zonas ambientalmente sensíveis existentes na zona urbana é também crucial avaliar se existem regulamentos e normas próprias que regulem o seu uso e se os mesmos são respeitados. Ao serem ocupadas por elementos urbanos como, infraestruturas, zonas residenciais ou equipamentos, ocorre a fragmentação dos respetivos *habitats*. Esta

fragmentação, causada pelas atividades humanas tem implicações significativas, em grande parte negativas para a biodiversidade nativa, através dos efeitos da redução da área, o limite de exposição e isolamento, bem como através da interrupção dos processos dos ecossistemas e degradação do ecossistema associado. Deste modo, este Subdomínio tem por objetivo proteger e promover a gestão sustentável das zonas protegidas ambientalmente em meio urbano.

D6.1 Vulnerabilidade

Os acidentes naturais, como inundações, deslizamento de solos, derrocadas e erosão, têm impactos sociais, económicos e ambientais. O Subdomínio aqui apresentado tem por objetivo avaliar a fragilidade da zona urbana à ocorrência de acidentes naturais, bem como a vulnerabilidade da população residente. Assim, é possível conhecer o problema localmente de modo a implementar medidas de prevenção e evitar danos sobre a sociedade urbana.

D6.2 Acidentes naturais

Os desastres envolvendo riscos naturais podem ter impactos devastadores de curto e longo prazo na sociedade e na economia, afetando de forma adversa o progresso rumo ao desenvolvimento sustentável. Este Subdomínio avalia as perdas económicas como resultado direto dos acidentes naturais ocorridos na zona urbana, no sentido de estimar os respetivos impactos na economia local e/ou regional. Este pode ser um modo de incentivo para melhorar a gestão do solo urbano, prevenindo a ocupação de zonas vulneráveis à ocorrência de acidentes naturais.

3.2.1.3 Indicadores de desenvolvimento sustentável

A cada Subdomínio estão associados indicadores de desenvolvimento sustentável, os quais constituem o 3.º nível hierárquico do modelo de análise multicritério. Estes expressam a realidade do espaço territorial em estudo, no contexto da sustentabilidade da cidade. Deste modo, as dimensões de sustentabilidade ambiental, social, económica e institucional são introduzidas no modelo através dos indicadores de desenvolvimento sustentável.

Os indicadores de desenvolvimento sustentável que compõe o modelo de análise multicritério resultam da pesquisa realizada em diversas fontes bibliográficas relacionadas com a temática da sustentabilidade urbana. Foram pesquisados documentos de diferentes entidades internacionais, dentro do espaço europeu e também fora deste espaço, bem como de instituições portuguesas. Foi feito um esforço no sentido de que a literatura consultada incluísse, o mais possível, as organizações que de algum modo estejam ligadas ao tema do desenvolvimento urbano sustentável. As fontes bibliográficas correspondem a relatórios das respetivas instituições ou a projetos desenvolvidos e aplicados a algum caso de estudo. Assim, a pesquisa

bibliográfica teve como objetivo encontrar indicadores de desenvolvimento sustentável relacionados com a dinâmica urbana numa perspectiva de desenvolvimento urbano sustentável. A sua procura teve como principal fundamento todos os Domínios identificados para o primeiro nível hierárquico do modelo, considerados como os principais agentes relacionados com a expansão urbana.

Por se tratar de uma exposição longa, o texto referente à apresentação dos indicadores de desenvolvimento sustentável selecionados para o modelo de análise multicritério será apresentado na Secção 3.3 deste Capítulo.

Os indicadores de desenvolvimento sustentável são identificados no modelo de análise multicritério por um identificador (ID), composto por três componentes, que permite identificar cada indicador e a sua relação com os níveis imediatamente superiores. Assim, a primeira componente identifica o Domínio (1.º nível hierárquico) ao qual o indicador está ligado; a segunda componente identifica o respetivo Subdomínio (2.º nível hierárquico) e a terceira componente corresponde à ordem pela qual o indicador está colocado no 3.º nível hierárquico, debaixo do respetivo Subdomínio.

3.2.1.4 Subindicadores de desenvolvimento sustentável

Os subindicadores de desenvolvimento sustentável compõem o 4.º nível hierárquico do modelo de análise multicritério. A respetiva identificação resultou da divisão, sempre que se justificou, dos indicadores selecionados; da consulta bibliográfica, por indicação dos autores em criar subindicadores relacionados com o respetivo indicador; ou quando originalmente as respetivas fontes bibliográficas os incluíam.

Estes critérios, constituindo o nível mais baixo da hierarquia, possuem maior grau de especificidade das variáveis que representam. Por conseguinte, foram definidos de forma a auxiliar a integração de algumas variáveis no modelo de análise multicritério e estão associados ao indicador de desenvolvimento sustentável do qual resultaram.

A exposição mais detalhada dos subindicadores selecionados para integrarem o modelo de análise multicritério será apresentada na Secção 3.3 deste Capítulo, em conjunto com os respetivos indicadores de desenvolvimento sustentável.

À semelhança dos indicadores de desenvolvimento sustentável, os subindicadores são identificados no modelo de análise multicritério por um identificador (ID) com quatro elementos. Os primeiros três correspondem ao indicador ao qual o subindicador está associado na estrutura hierárquica, sendo o quarto elemento aquele que identifica a posição do subindicador dentro do grupo dos subindicadores que se associam ao respetivo indicador.

3.3 PESQUISA DOS INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A pesquisa bibliográfica dos indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS) realizou-se inicialmente num contexto bastante amplo, de forma a garantir que seriam cobertos todos os Domínios do modelo de análise multicritério. Todos os documentos analisados integravam um leque muito vasto de indicadores de desenvolvimento sustentável. Após a análise de cada documento foram considerados exclusivamente os IDS cujos objetivos se relacionavam com o desenvolvimento urbano sustentável e em simultâneo se enquadravam na definição dos Domínios identificados para este modelo.

De forma a estabelecer a estrutura final do modelo hierárquico, após a pesquisa dos IDS procedeu-se à devida confirmação de modo a contextualizar no âmbito do trabalho desta Tese a respetiva definição e objetivos. Desta análise, concluiu-se que alguns dos IDS identificados não cabiam no âmbito do trabalho de investigação aqui apresentado, por se enquadrarem melhor num contexto de desenvolvimento regional ou nacional, ou por razões de carácter mais específico. Não pertencendo ao âmbito do estudo proposto, estes IDS foram retirados do modelo de análise multicritério. No entanto, dado a pesquisa bibliográfica já ter sido efetuada, considerou-se importante apresentá-los (Anexo B) por se julgar poderem ser úteis para outros estudos futuros. Verificou-se ainda que vários dos indicadores encontrados eram comuns a diferentes documentos, embora com designações distintas, os respetivos objetivos eram semelhantes e tratavam os mesmos assuntos. De forma a evitar a redundância de conceitos e para melhor integrar estes IDS no modelo de análise multicritério, foram agrupados definindo apenas um IDS integrador. Por outro lado, vários indicadores pesquisados reuniam vários conceitos, o que possibilitou a sua desagregação em diversos indicadores ou subindicadores para melhor se adequarem à estrutura e objetivos do modelo de análise multicritério. Em outros casos, embora os indicadores pesquisados se enquadrassem nos objetivos propostos para o trabalho desta Tese e por isso terem sido inicialmente selecionados, os seus componentes não se direcionavam exatamente para os objetivos da avaliação pretendida. Nestas situações, foram feitas as respetivas adaptações para que melhor se ajustassem e avaliassem as medidas pretendidas para o trabalho. Ao longo desta Secção serão apresentadas e justificadas as situações em que se efetuaram este tipo de adaptações.

Seguidamente apresentar-se-á a descrição dos 44 indicadores de desenvolvimento sustentável pesquisados e considerados relevantes para integrarem o modelo de análise multicritério, respetivas alterações, uniões e subdivisões efetuadas. Não havendo uniformidade na exposição dos vários indicadores apresentados pelos diversos autores, em cujos documentos

surtem com conteúdos e estruturas distintos, foi criada uma ficha descritiva para cada um dos indicadores selecionados de forma a uniformizar a sua apresentação ao longo do texto. Assim, esta ficha reúne os aspetos considerados relevantes para a compreensão e aplicação dos respetivos indicadores, permitindo apreender o teor de cada indicador, apresentando os principais elementos que o compõem, bem como as respetivas fontes bibliográficas que o fundamentam.

3.3.1 Critérios do 3.º nível e do 4.º nível da estrutura hierárquica

Para a análise de cada Domínio, além dos Subdomínios expostos acima, pesquisaram-se os indicadores e os subindicadores de desenvolvimento sustentável, os quais constituem os 3.º e 4.º níveis hierárquicos, respetivamente. A agregação de todos os critérios ao longo da estrutura hierárquica irá determinar o nível de sustentabilidade da cidade, relativamente à natureza e ao propósito do respetivo Domínio.

Ao longo desta Subsecção expõem-se sequencialmente os indicadores e os subindicadores identificados para cada Domínio, de acordo com o identificador (ID) atribuído.

D1 Dispersão e forma do crescimento urbano

Para agregar a este Domínio selecionaram-se 12 indicadores e 11 subindicadores de desenvolvimento sustentável. Apresentam-se na Tabela 3.2 os critérios que se agregam ao Domínio D1 e a respetiva ordem na estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério.

Tabela 3.2 – Critérios do Domínio D1 Dispersão e forma do crescimento urbano

| Domínio | Subdomínios | IDS | Subindicadores |
|---|----------------------|---|---------------------------------|
| D1 Dispersão e forma do crescimento urbano | D1.1 Inclusão social | D1.1.1 Justiça social | D1.1.1.1 Condições de habitação |
| | | | D1.1.1.2 Desemprego |
| | | | D1.1.1.3 Acesso à educação |
| | | | D1.1.1.4 Informação |
| | | | D1.1.1.5 Exercício |
| | | | D1.1.1.6 Lazer |
| | D1.2 Aspetos sociais | D1.2.1 Segurança urbana | D1.2.1.1 Acidentes rodoviários |
| | | | D1.2.1.2 Crime |
| | | D1.2.2 Participação do cidadão | |
| | | D1.2.3 Nível educacional | |
| | | D1.2.4 Satisfação dos cidadãos com a comunidade local | |

Tabela 3.2 – Critérios do Domínio D1 Dispersão e forma do crescimento urbano (Cont.)

| Domínio | Subdomínios | IDS | Subindicadores | |
|----------------|---|--|--|-----------------------------|
| | D1.3 Planeamento e gestão de equipamentos urbanos | D1.3.1 Património, espaços públicos e espaços verdes | D1.3.1.1 Espaços Verdes | |
| | | | D1.3.1.2 Espaços de Património | |
| | | | D1.3.1.3 Espaços Públicos | |
| | D1.4 Configuração do crescimento urbano | D1.3.2 Disponibilidade de áreas públicas abertas | | |
| | | | D1.3.3 Disponibilidade de serviços básicos | D1.4.1 Evolução demográfica |
| | | | | D1.4.2 Solo urbanizado |
| | D1.5 Planeamento e controlo do uso e ocupação do solo | D1.4.3 Intensidade de utilização | | |
| | | | D1.5.1 Alterações do uso do solo | |

Seguidamente expõem-se todos os indicadores e os subindicadores referentes ao Domínio 1 e as respetivas fichas descritivas.

D1.1.1 Justiça social

A igualdade de oportunidades para toda a população urbana, independentemente do seu estatuto social, beneficia o desenvolvimento equilibrado da cidade e evita a segregação de classes sociais e o aparecimento de zonas urbanas marginalizadas. Considerando a importância deste aspeto para a análise urbana, em particular de zonas de expansão urbana, foi realizada a pesquisa de forma a encontrar indicadores de desenvolvimento sustentável que o pudessem analisar. O indicador “Justiça social”, apresentado em Mega e Pederson (1998) agrega os fatores relevantes para a análise desta dimensão urbana.

Atendendo à composição do indicador apresentado em Mega e Pederson (1998), aos dados necessários para o calcular e seguindo a indicação dos autores, considerou-se importante desagregar este indicador em diferentes subindicadores relacionados com os seguintes fatores: pobreza, desemprego, falta de acesso à educação, informação, exercício e lazer. Esta desagregação permitirá analisar com maior detalhe as variáveis urbanas referidas. Consequentemente facilita a integração e análise do indicador “Justiça social” no modelo de análise multicritério.

De seguida apresenta-se a ficha descritiva do indicador *D.1.1.1 Justiça social*.

| |
|---|
| Nome do indicador: JUSTIÇA SOCIAL |
| Subdomínio(s) Inclusão Social |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Grau de sustentabilidade social da cidade. |
| Unidade(s) de medida Justiça social equivalente (Sjeq) expressa pela percentagem de pessoas afetadas pela pobreza, desemprego, falta de acesso à educação, informação, exercício e lazer. |
| Objetivos e metas Reduzir (idealmente eliminar) a percentagem de população marginalizada e excluída. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mega e Pederson (1998). |
| Notas importantes Composição do indicador: A percentagem total de pessoas afetadas pela falta de justiça social é a soma das percentagens afetadas por qualquer um dos fatores (pobreza, desemprego, falta de acesso à educação, informação, exercício e lazer). Composição dos dados: percentagem de população afetada pela pobreza, desemprego, falta de acesso à educação, informação, exercício e lazer. Um fator de correção deve ajustar a percentagem de população afetada por mais de um fator. É essencial ter um subindicador para a percentagem de população afetada por cada um destes componentes. É também importante ter subindicadores para grupos vulneráveis de população (jovens, mulheres, desempregados de longa duração, deficientes). |

Neste contexto, e como referido, foram criados subindicadores associados ao indicador “Justiça Social” mantendo os objetivos originais, com designações semelhantes aos fatores que representam. Foi mantida a percentagem como unidade de medida para todos os subindicadores resultantes. Assim, resultaram os seguintes subindicadores:

Pobreza. Tratando-se de uma designação ambígua, podendo ser canalizada para diferentes realidades e atendendo ao objetivo do Domínio onde se insere, considerou-se mais adequado que este critério fosse avaliado pelas condições de habitação da população, ou seja, a percentagem de população com carências habitacionais, com deficientes condições ou ameaçada pela perda de habitação. Neste sentido e com base em outras fontes bibliográficas foi determinada a sua composição, cuja designação se alterou para “*Condições de habitação*”.

Desemprego. Percentagem de população urbana em situação de desemprego.

Acesso à educação. A medida deste subindicador é realizada considerando a soma total das percentagens parciais de população com os diferentes níveis de educação (1.º ciclo, 2.º ciclo, 3.º ciclo, secundário, pós-secundário e superior), bem como a população que não sabe ler nem escrever.

Informação. Percentagem de população com acesso à informação, nomeadamente internet.

Exercício. Percentagem de população que frequenta o ginásio ou pratica algum tipo de modalidade desportiva.

Lazer. Percentagem de população que frequenta com regularidade algum tipo de atividade cultural (espetáculos, cinema, teatro, etc.) tem férias pelo menos uma vez por ano, faz viagens de lazer, etc.

Seguidamente serão apresentados os IDS pesquisados e que contribuiram para a criação do subindicador *D.1.1.1.1 Condições de habitação*.

D1.1.1.1 Condições de habitação

Como referido anteriormente, foram pesquisados outros indicadores relacionados com as condições da habitação, os quais são apresentados em Mega e Pederson (1998) e UN (2007). O indicador designado por “Qualidade da habitação” (Mega e Pederson, 1998) pretende avaliar as condições da habitação da população. Em UN (2007) é apresentado outro indicador na perspetiva de avaliar as condições de vida da população, em particular as condições da habitação. Por conseguinte, consideraram-se conjuntamente os dois indicadores pesquisados, bem como o fator “Pobreza” apresentado anteriormente, no sentido de criar o novo subindicador para integrar o modelo de análise multicritério sob o indicador “Justiça social”. No Anexo A apresentam-se as fichas individuais referentes aos indicadores identificados em Mega e Pederson (1998) e UN (2007).

Os indicadores de desenvolvimento sustentável “Qualidade da habitação” (Mega e Pederson, 1998) e “Condições de vida” (UN, 2007) partilham os mesmos objetivos, avaliar o nível de adequação e a qualidade da habitação da população numa zona urbana. Assim, procedeu-se à junção dos dois indicadores de forma a criar apenas um subindicador que reúna as mesmas características. Atendendo às descrições originais apresentadas pelos autores, estes indicadores enquadram-se na categoria supracitada “pobreza”. Designou-se o novo subindicador de desenvolvimento sustentável por “Condições de habitação”, tendo em conta as descrições apresentadas. O fluxograma da Figura 3.2 representa a junção dos indicadores pesquisados de modo a obter o subindicador *D.1.1.1.1 Condições de habitação* que será integrado no modelo de análise multicritério. De seguida apresenta-se também a respetiva ficha descritiva.

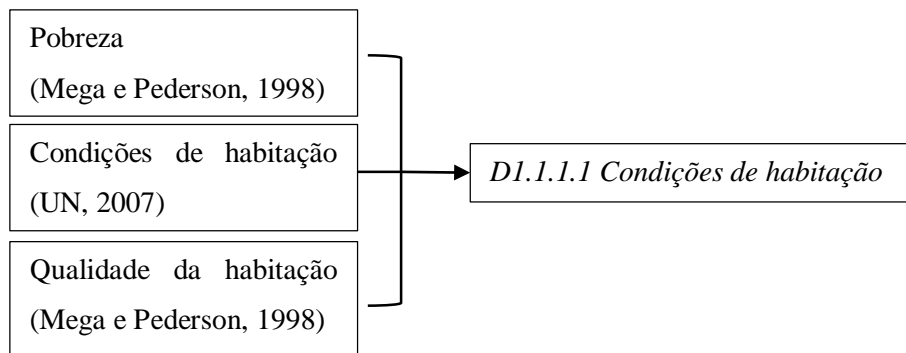


Figura 3.2 – Fluxograma para obter o subindicador *D1.1.1.1 Condições de habitação*

| |
|---|
| Nome do subindicador: CONDIÇÕES DE HABITAÇÃO |
| Subdomínio(s) Inclusão Social. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Porcentagem de população urbana que vive em pobres condições de habitação. Proporção de população urbana com falta de pelo menos uma das seguintes condições: acesso a água potável, acesso a instalações sanitárias, qualidade da habitação (suficiente, não lotada, sala de estar, qualidade estrutural/durabilidade das habitações, segurança da posse). |
| Unidade(s) de medida Qualidade de habitação equivalente (HQeq) = percentagem de população afetada pela falta de habitação ou pobres condições de habitação. O valor deste indicador indica o nível de deterioração das condições de habitação na cidade. Assim, valores mais elevados indicam menores condições de habitação para a população da cidade. |
| Objetivos e metas Oferecer a todos os habitantes boas condições de habitação. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mega e Pederson (1998); UN (2007). |
| Notas importantes Indicadores de desenvolvimento sustentável que lhe deram origem: Pobreza e Qualidade da habitação (Mega e Pederson, 1998); Condições de Vida (UN, 2007). Indicador a integrar no modelo de análise multicritério como subindicador do IDS Justiça Social (Mega e Pederson, 1998). |

D1.2.1 Segurança urbana

A qualidade de vida da população de uma cidade é afetada, em parte, pelo grau de segurança sentido pelos seus habitantes. O nível de segurança na cidade pode diferir consoante a localização, existindo zonas urbanas com mais ou menos segurança. Muitas vezes os centros urbanos são referidos como zonas onde a falta de segurança é um dos motivos pelo afastamento da população residente (EEA, 2006). Neste sentido, a população tende a localizar-se em zonas mais calmas, com menor risco de incidentes criminosos. Por outro lado, a deslocação da população para zonas afastadas do centro urbano obriga a deslocações diárias, o que aumenta a probabilidade de ocorrências de acidentes rodoviários. Então, a procura de um tipo de segurança

pode conduzir a uma privação. Deste modo, considera-se que a análise da segurança urbana é importante quando se avalia a expansão urbana e em particular o Domínio da dispersão e forma do crescimento urbano. Assim, procedeu-se à pesquisa de indicadores que permitam o cálculo desta medida urbana. Mega e Pederson (1998) definem um indicador com o objetivo de calcular a percentagem de população afetada gravemente por acidentes de trânsito ou por crimes. A respetiva ficha descritiva é apresentada no Anexo A.

O indicador “Segurança urbana” (Mega e Pederson, 1998) é composto por dois fatores relativos a acidentes rodoviários e a crimes. Considerando que os dois componentes do indicador dependem de variáveis distintas, no entanto com objetivo semelhante, analisar a segurança urbana, procedeu-se à criação de dois subindicadores a partir da definição do indicador “Segurança urbana”. Um relativo à percentagem de população afetada por acidentes rodoviários e outro respeitante à percentagem de população afetada por atos de agressão ou outros crimes. Em UN (2007) é referido um indicador relativo ao número de crimes que ocorrem na cidade com a pretensão de diminuir a sua frequência. No Anexo A apresenta-se a sua ficha descritiva.

Atendendo aos objetivos e definição do indicador “Crime” (UN, 2007), constata-se que os mesmos vão ao encontro do componente relacionado com crime definido por Mega e Pederson (1998). Por conseguinte, considerou-se adequado efetuar a respetiva agregação criando apenas um critério. No entanto, dado que os dois indicadores possuem unidades de medida distintas (percentagem e número de crimes ocorridos), adotou-se a unidade de medida referente à percentagem de crimes, uma vez que também esta é a medida de cálculo do critério relativo a acidentes rodoviários. A Figura 3.3 mostra o fluxograma para obter o indicador “D.1.2.1 Segurança urbana” e respetivos subindicadores.

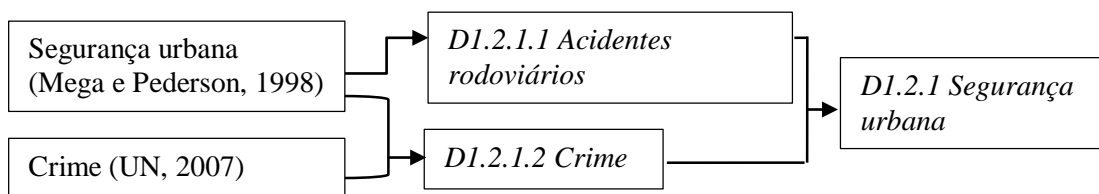


Figura 3.3 – Fluxograma para obter o indicador *D1.2.1 Segurança urbana*

Seguidamente apresentam-se as fichas resultantes e referentes aos subindicadores que compõem o indicador de desenvolvimento sustentável *D.1.2.1 Segurança urbana*.

D1.2.1.1 Acidentes rodoviários

| |
|--|
| Nome do subindicador: ACIDENTES RODODIÁVIOS |
| Subdomínio(s) Aspetos Sociais. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição População da cidade que sofre acidentes rodoviários. |
| Unidade(s) de medida Porcentagem de população afetada gravemente por acidentes de trânsito. |
| Objetivos e metas Promover a segurança urbana, diminuir (idealmente eliminar) os acidentes. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mega e Pederson (1998). |
| Notas importantes Componentes dos dados: percentagem de pessoas afetadas por acidentes rodoviários. Pode ser importante criar um subindicador para a percentagem total de lesões irreversíveis a longo prazo. |

D1.2.1.2 Crime

| |
|--|
| Nome do subindicador: CRIME |
| Subdomínio(s) Aspetos Sociais. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Número de homicídios intencionais registados nas estatísticas criminais. Pode expandir-se o indicador para a inclusão de crimes violentos, como: assalto, violação, roubo ou furto. Grau em que os habitantes da cidade sofrem pela falta de segurança urbana. |
| Unidade(s) de medida Porcentagem de população afetada gravemente por crimes. |
| Objetivos e metas Promover a segurança urbana, diminuir (idealmente eliminar) o número de crimes na cidade. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mega e Pederson (1998); UN (2007). |
| Notas importantes Componentes dos dados: percentagem de pessoas agredidas. Este indicador mede a ocorrência de homicídios intencionais, bem como crimes violentos os quais têm um impacto negativo no desenvolvimento sustentável da cidade. Os crimes comprometem a dignidade humana, criam um clima de medo e corroem a qualidade de vida. Este indicador pode também ser usado como medida da adesão ao Estado de Direito, um componente de boa governação. |

D1.2.2 Participação do cidadão

A participação dos cidadãos na tomada de decisões de governança local, quer seja por sufrágio ou por outras vias, é um indicador do seu interesse pelas atividades locais. Esta atitude dos habitantes de uma região pode revelar a disponibilidade por parte de cada um em colaborar na resolução dos problemas locais. Apresenta-se de seguida a ficha descritiva deste indicador.

| |
|--|
| Nome do indicador: PARTICIPAÇÃO DO CIDADÃO |
| Subdomínio(s) Aspetos sociais. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Grau de participação da população local na tomada de decisões e na melhoria da qualidade de vida local. |
| Unidade(s) de medida Participação do cidadão equivalente (CPeq) = percentagem total de população que participa nas eleições locais ou são membros ativos em associações para a melhoria urbana e qualidade de vida. |
| Objetivos e metas Cogestão das cidades com os cidadãos; governança urbana com todos os intervenientes. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mega e Pederson (1998). |
| Notas importantes Composição do indicador: Percentagem total de população com participação ativa nas eleições locais e vida associativa. Componentes dos dados: percentagem de pessoas que participa nas eleições locais. Percentagem de pessoas que são membros ativos de associações culturais, ambientais e de saúde pública. É importante quando se avalia a participação em eleições locais, saber se a participação nas eleições é obrigatória ou não. |

Considera-se, portanto, que este é também um dos aspetos sociais que contribuem para o desenvolvimento sustentável de uma cidade ou região. Neste sentido, o IDS “Participação do cidadão” identificado em Mega e Pederson (1998), avalia o grau de participação dos cidadãos em eleições, bem como a sua participação em associações ou coletividades locais.

DI.2.3 Nível educacional

O grau de literacia da população é um indicador de desenvolvimento sustentável, no sentido em que a educação é um processo pelo qual o ser humano e as sociedades alcançam o seu valor absoluto. É fundamental para promover o desenvolvimento sustentável (UN, 2007) e a melhoria da capacidade das pessoas para tratar de questões ambientais, sociais, económicas e de governança.

O indicador “Nível educacional” exposto em UN (2007) possibilita avaliar o nível de alfabetização da população adulta. Para o efeito, considera-se população adulta todos os indivíduos com mais de 15 anos. É importante avaliar a população com sentido crítico e para isso a população adulta é aquela que melhor se adequa. Conhecendo o nível de alfabetização e instrução da população urbana, é possível associar este indicador com outros aspetos sociais relacionados com a participação dos cidadãos em processos de tomada de decisão.

Apresenta-se em seguida a ficha descritiva do indicador *DI.2.3 Nível educacional*.

| |
|---|
| Nome do indicador: NÍVEL EDUCACIONAL |
| Subdomínio(s) Aspetos sociais. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Taxa de literacia (alfabetização) dos adultos. Proporção de população adulta, com mais de 15 anos, que é alfabetizada. |
| Unidade(s) de medida Porcentagem de população adulta alfabetizada. Medida do grau de alfabetização das pessoas adultas. |
| Objetivos e metas Este indicador fornece uma medida das pessoas alfabetizadas dentro da população adulta que são capazes de escrever diariamente e continuar a aprender. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) UN (2007). |
| Notas importantes Este indicador reflete o cumprimento acumulado da educação na difusão da alfabetização. Qualquer <i>deficit</i> de alfabetização daria indicações de esforços necessários no futuro para estender a alfabetização de adultos à restante população analfabeta. |

D1.2.4 Satisfação dos cidadãos com a comunidade local

O grau de satisfação dos cidadãos com a gestão municipal, a qualidade dos serviços disponibilizados, as oportunidades de emprego existentes, a oferta de atividades de lazer e culturais, entre outras, é revelador do nível de vida sentido pelos cidadãos, da sua qualidade de vida e do bem-estar oferecido aos habitantes de uma dada cidade ou região. Por conseguinte, considerou-se que esta medida deveria ser avaliada e integrada no Subdomínio que avalia os aspetos sociais da cidade. Neste sentido, foi selecionado em Berrini *et al.* (2003) um indicador designado por “Satisfação dos cidadãos com a comunidade local” que investiga os aspetos pretendidos e focados e cuja ficha se apresenta de seguida.

| |
|--|
| Nome do indicador: SATISFAÇÃO DOS CIDADÃOS COM A COMUNIDADE LOCAL |
| Subdomínio(s) Aspetos sociais. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Análise do bem-estar geral dos cidadãos. O nível de satisfação é analisado em relação a várias características específicas, em particular: nível dos serviços básicos (serviços sociais e de saúde, escolas, transportes públicos); oportunidades para participar no processo de planeamento local; nível das relações sociais; ambientes construídos e naturais; oportunidades para <i>hobbies</i> e lazer; oportunidades de emprego. |
| Unidade(s) de medida Escala qualitativa, considerando o nível de satisfação dos cidadãos. Reporta-se a diferentes níveis de satisfação: muito satisfeito, satisfeito, moderadamente satisfeito, moderadamente insatisfeito, muito insatisfeito, sem resposta. |
| Objetivos e metas O indicador investiga em termos gerais a satisfação dos cidadãos com o município, como um lugar para viver e trabalhar. |

(Continua na página seguinte)

| |
|--|
| Fonte(s) de dados |
| Inquérito à população. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Berrini <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes |
| Indicador <i>headline</i> : nível médio de satisfação dos cidadãos (média total e média de opiniões expressas para as várias características). |

DI.3.1 Património, espaços públicos e espaços verdes

Os equipamentos urbanos, em particular os espaços para a prática de atividades de lazer e culturais, são fundamentais para o bem-estar e a qualidade de vida sentida pela população urbana. Estes representam elementos importantes quando se pretende avaliar o nível de desenvolvimento sustentável de uma cidade. A qualidade dos espaços de património, espaços públicos e espaços verdes, é um indicador que serve como medida da promoção da saúde pública, da vida social e identidade cultural. É pois, um indicador que representa a contribuição de ativos únicos para a sustentabilidade da cidade (Mega e Pederson, 1998). Neste sentido, foi selecionado o indicador “Património, espaços públicos e espaços verdes” definido por Mega e Pederson (1998) e cuja ficha se apresenta no Anexo A.

Tal como apresentado originalmente, este indicador tem como objetivo avaliar a área de espaços com necessidade de melhoria. Tendo em conta que o objetivo desta Tese é analisar o desenvolvimento sustentável de zonas urbanas, em particular zonas de expansão, considerou-se importante avaliar todos os espaços disponíveis para o cidadão e não apenas aqueles que necessitam de ser intervencionados. Relativamente à unidade de medida definida em Mega e Pederson (1998), percentagem de espaços com necessidade de melhoria relativamente à área total de cada um dos componentes referidos, atendendo à alteração do conceito de espaços a avaliar, também foi alterada. Deste modo, entendeu-se que a área de espaços verdes, de espaços públicos e de espaços de património existentes por cada habitante da zona de estudo seria o mais adequado. Esta alteração vai ao encontro da sugestão dada pelos autores para medidas alternativas, conforme apresentado na ficha supra. Desta forma, este indicador mede a área de espaços disponível por cada cidadão, sendo também este um fator da qualidade de vida urbana. O aumento destas superfícies relativamente à área total da zona urbana revela a existência de melhor apoio aos habitantes, no que respeita a estas variáveis. Saliente-se que os autores Mega e Pederson (1998) não fazem qualquer referência acerca dos conceitos a aplicar a espaços públicos, espaços verdes e espaços de património. De seguida apresenta-se a ficha do indicador reescrito, de acordo com o exposto.

| |
|---|
| Nome do indicador: PATRIMÓNIO, ESPAÇOS PÚBLICOS E ESPAÇOS VERDES |
| Subdomínio(s) Planeamento e gestão de equipamentos urbanos. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Espaços de património, espaços públicos e espaços verdes disponíveis para a população residente na zona urbana fora do núcleo urbano central. |
| Unidade(s) de medida Área/habitante. Património, Espaços públicos e verdes equivalente (GPSeq) = Total de espaços públicos, verdes e património local disponíveis na cidade por habitante. |
| Objetivos e metas Quantificar a área de espaços verdes, a área de espaços de património e a área de espaços públicos disponível para os cidadãos. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mega e Pederson (1998). |
| Notas importantes Composição do indicador: a área de espaços verdes, espaços públicos e património (incluindo histórico). Componentes dos dados: área de espaços verdes existentes na zona de estudo da cidade/Habitante. Área de espaços de património existentes na zona de estudo da cidade/Habitante. Área de espaços públicos (incluindo locais de património) existentes na zona de estudo da cidade /Habitante. Quanto maior a relação área/habitante mais espaços estão disponíveis para cada habitante da zona urbana. |

De forma a melhor organizar os dados respeitantes a cada um dos componentes deste indicador e a integrá-los no modelo de análise multicritério, foi efetuada a divisão nos três componentes, constituindo assim três subindicadores, relativos a espaços verdes, a espaços de património e a espaços públicos. A Figura 3.4 apresenta o fluxograma da desagregação do indicador *D.1.3.1*.

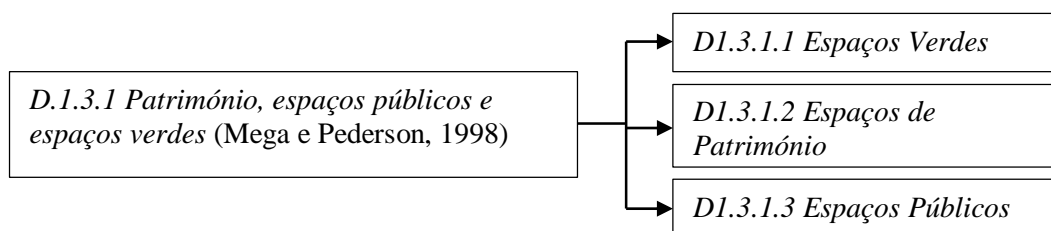


Figura 3.4 – Desagregação do indicador *D1.3.1 Património, espaços públicos e espaços verdes*

D1.3.2 Disponibilidade de áreas públicas abertas

Para além de quantificar a área de espaços públicos disponível por habitante é igualmente importante avaliar o grau de proximidade destes equipamentos com a população urbana. O indicador “Disponibilidade de áreas públicas abertas e serviços” (Berrini *et al.*, 2003) é descrito no sentido de avaliar a proximidade da população urbana com os espaços públicos e os serviços disponíveis na cidade. A respetiva ficha é apresentada imediatamente.

| |
|---|
| Nome do indicador: DISPONIBILIDADE DE AREAS PUBLICAS ABERTAS E SERVIÇOS |
| Subdomínio(s) Planeamento e gestão de equipamentos urbanos. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Relaciona-se com a percentagem de pessoas que vivem num raio de 300 metros de uma área pública aberta ou de outros serviços básicos. |
| Unidade(s) de medida Percentagem de população que vive a menos de 300 metros de uma área pública aberta ou de serviços básicos. |
| Objetivos e metas Grau de proximidade dos serviços básicos e de áreas públicas disponíveis à população urbana. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) (Berrini <i>et al.</i> , 2003). |
| Notas importantes As áreas públicas abertas são definidas como: parques públicos, jardins ou espaços abertos, para uso exclusivo de ciclistas ou peões, exceto ilhas verdes de tráfego ou divisórias, cemitérios (a menos que a autarquia reconheça a sua função recreativa ou de importância natural, histórico ou cultural); espaços de desporto ao ar livre, acessíveis ao público gratuitamente; áreas privadas (áreas agrícolas, parques privados), acessíveis ao público gratuitamente. Serviços básicos são definidos como: serviços públicos de saúde primária (médicos de clínica geral, hospitais, postos de primeiros socorros, gabinetes de aconselhamento familiar ou outros centros públicos que prestem serviços médicos, como exames de diagnóstico ou especialista); rotas de transporte coletivo que, pelo menos num dia útil normal têm uma frequência mínima de meia em meia hora; escolas públicas (escolas de frequência obrigatória e jardins de infância); padarias e mercearias; instalações de reciclagem ou serviços para os resíduos sólidos (incluindo contentores de reciclagem). Indicador <i>headline</i> : percentagem de pessoas que vivem num raio de 300m de um espaço público aberto maior que 5000m ² . Para permitir uma análise mais completa dos dados, o indicador deve ser calculado duas vezes: primeiro relacionado com áreas maiores que 5000m ² e depois para todas as áreas usadas pelo público para lazer e atividades ao ar livre, independentemente da sua dimensão. |

Analisando a composição do IDS “Disponibilidade de áreas públicas abertas e serviços” definido em Berrini *et al.* (2003) verifica-se que existem dois componentes bem diferenciados: um relativo a áreas públicas abertas e outro respeitante a serviços básicos disponíveis para a população. Estes equipamentos urbanos devem estar localizados a uma distância não superior a 300 metros para melhor servir a população. No seguimento, considerou-se criar dois indicadores independentes com base nos referidos componentes. Assim, resultaram os indicadores *D1.3.2 Disponibilidade de áreas públicas abertas* e *D1.3.3 Disponibilidade de serviços básicos*, conforme apresentado na Figura 3.5.

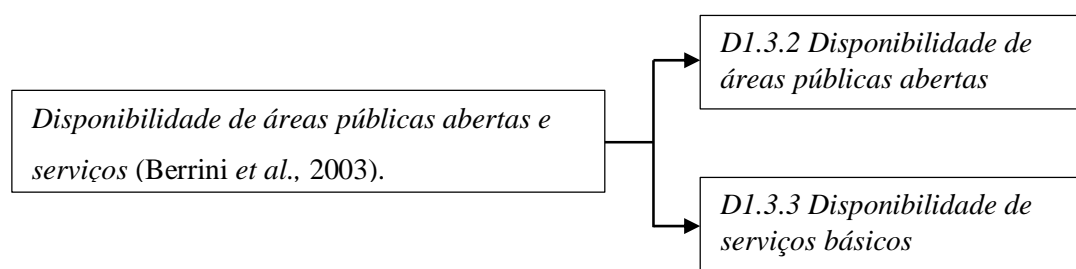


Figura 3.5 – Desagregação do IDS “Disponibilidade de áreas públicas abertas e serviços”

As unidades de medida dos indicadores resultantes correspondem, respetivamente: percentagem de população que vive a menos de 300 metros de uma área pública aberta e percentagem de população que vive a menos de 300 metros de um serviço básico.

A decisão de se criar dois indicadores independentes e não dois subindicadores a partir do IDS original, resulta de se considerar mais adequado estudar em separado estes dois tipos de variáveis e assim melhor diferenciar o grau de cobertura urbana destes equipamentos. No entanto, saliente-se que, embora sejam tratados de forma independente a sua definição será a indicada originalmente pelos autores.

D1.4.1 Evolução demográfica

É importante analisar a evolução do crescimento da população da zona urbana e qual a sua relação com o desenvolvimento da cidade. Ou seja, a avaliação de medidas demográficas é essencial quando se pretende analisar a expansão urbana segundo padrões de sustentabilidade. O indicador denominado por “evolução demográfica” definido em UN (2007), avalia a taxa de crescimento da população para um dado período de tempo e tem por objetivo analisar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais associados ao crescimento da população. Considerando que este indicador é aplicável ao contexto da cidade, o mesmo foi selecionado para integrar o modelo de análise multicritério. A definição e o conteúdo do IDS “Evolução demográfica” (UN, 2007) ao avaliar a evolução populacional em áreas urbanas permite estudar para um determinado período de tempo a relação do crescimento populacional face ao desenvolvimento urbano. A respetiva ficha do indicador é apresentada de seguida.

| |
|--|
| Nome do indicador: EVOLUÇÃO DEMOGRÁFICA |
| Subdomínio(s) Configuração do crescimento urbano. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Taxa do crescimento da população. Taxa de variação média anual da população durante um período específico. |
| Unidade(s) de medida Taxa de variação média anual do crescimento da população para um período de tempo. |
| Objetivos e metas Sustentabilidade do uso dos recursos do solo, da água, do ar, da energia, entre outros recursos naturais. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) UN (2007). |
| Notas importantes A taxa de crescimento da população mede a rapidez da evolução demográfica. Se tratado separadamente a área urbana da área rural, este indicador fornece uma medida da urbanização. O elevado crescimento das populações urbanas, causadas por taxas de crescimento natural (excessos de nascimentos sobre mortes) em áreas urbanas, a migração das zonas rurais para as áreas urbanas e a transformação de áreas rurais para áreas urbanas, pode ser motivo de preocupação. Em locais onde as condições para o desenvolvimento agrícola e rural sustentável não estão em vigor, as altas taxas de crescimento da população rural pode afetar negativamente o uso dos recursos do solo, da água, do ar, energia e outros. |

D1.4.2 Solo urbanizado

A expansão urbana tende a aumentar a área urbanizada em detrimento do terreno natural e das áreas verdes. Uma cidade sustentável é aquela que aumenta a eficiência do uso do solo no seu território, protege e valoriza o solo não construído, valoriza a biodiversidade e o desenvolvimento de áreas verdes e recupera os solos contaminados e devolutos, como por exemplo terrenos industriais abandonados (Berrini *et al.*, 2003). Entender de que forma o solo urbano é usado e gerido é crucial para alcançar os padrões da sustentabilidade. Berrini *et al.* (2003) apresentam um indicador denominado por “Uso sustentável do solo” relacionado com o desenvolvimento sustentável e que engloba uma variedade de temas relativos à forma como os solos são utilizados. A respetiva ficha descritiva deste indicador é apresentada no Anexo A.

Tendo em conta a descrição e composição do indicador “Uso sustentável do solo” apresentado em Berrini *et al.* (2003) e também os objetivos traçados para o modelo de análise multicritério apresentado nesta Tese, considerou-se importante dividir o indicador em outros indicadores de forma a melhor efetuar a respetiva análise no modelo. Neste entendimento, selecionaram-se os componentes do indicador que melhor se relacionam com o objetivo pretendido. Assim, com base na desagregação do IDS supracitado criaram-se três novos indicadores, apresentados na Figura 3.6.

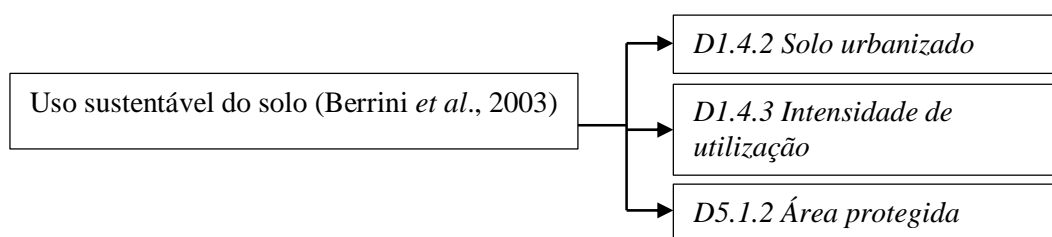


Figura 3.6 – Desagregação do IDS “Uso sustentável do solo”

A descrição dos novos indicadores baseou-se na definição original e exposta anteriormente. A unidade de medida foi ajustada à dimensão urbana, considerando-se assim a área total urbana em vez da área total municipal como definido originalmente. O indicador “Área protegida”, atendendo à sua definição, foi identificado como um critério pertencente ao Domínio “D5 Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis”, pelo que será exposto mais adiante.

Segundo a descrição original do indicador “Uso sustentável do solo” a área de solo urbanizado a considerar para o seu cálculo deve corresponder à classe de uso do solo designada por “superfícies artificiais” na Corine Land Cover (CLC). No entanto, a unidade mínima cartográfica desta fonte é muito reduzida, 25ha para o CLC 2012 e 5ha para as alterações de 2006-2012, sendo que as entidades lineares com menos de 100m de largura são generalizadas.

Atendendo a que o objetivo do estudo é focado na análise ao nível da cidade, esta resolução espacial é pouco explícita para os objetivos pretendidos. Por conseguinte e em substituição, sugere-se a utilização da classificação de uso e ocupação do solo utilizada na Carta de Ocupação e Uso do Solo (COS) cuja unidade mínima é de 1ha, a qual está disponível para o território de Portugal Continental. No entanto, podem ser usadas outras fontes de dados cartográficos análogos, existentes e adequados ao território em estudo. De forma a melhorar o pormenor, podem ainda ser usados outros tipos de informação cartográfica, como a cartografia urbana a grande escala e fotografias aéreas orto-retificadas de alta resolução para validação e atualização dos usos e ocupação do solo urbano, e maior precisão geográfica.

De seguida apresentam-se as fichas dos novos IDS: *D1.4.2 Solo urbanizado* e *D1.4.3 Intensidade de utilização*.

| |
|--|
| Nome do indicador: SOLO URBANIZADO |
| Subdomínio(s) Configuração do crescimento urbano. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Solo ocupado por construções, de forma contínua ou descontínua, correspondendo na Corine Land Cover à categoria do uso do solo “superfícies artificiais”. Dimensão de área modelada artificialmente como uma percentagem de área total urbana. |
| Unidade(s) de medida Área urbana modelada artificialmente como uma percentagem da área total urbana de interesse para o estudo (%). |
| Objetivos e metas Analisar a ocupação urbana numa perspetiva de desenvolvimento sustentável. |
| Fonte(s) de dados Corine Land Cover (CLC). Carta de Ocupação e Uso do Solo (COS). Cartografia urbana a grande escala e fotografias aéreas orto-retificadas de alta resolução. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Tendo em conta que se pretende que este indicador quantifique o solo urbanizado dentro de uma dada zona urbana, o seu cálculo não se baseia na área total do município, como definido originalmente, mas de acordo com a área urbana de interesse para o estudo. |

D1.4.3 Intensidade de utilização

| |
|---|
| Nome do indicador: INTENSIDADE DE UTILIZAÇÃO |
| Subdomínio(s) Configuração do crescimento urbano. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Número de habitantes por km ² (ou hectare) da área classificada como solo urbanizado (dentro da área urbana de interesse para o estudo). |
| Unidade(s) de medida Intensidade de uso do solo: número de habitantes por área de solo urbanizado. |

(Continua na página seguinte)

| |
|--|
| Objetivos e metas |
| Avaliar a densidade de ocupação humana em zonas urbanas. |
| Fonte(s) de dados |
| Dados da população residente. Área de solo urbanizado, resultante do indicador “Solo urbanizado”. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Berrini <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes |
| O cálculo deste indicador tem em conta a área urbanizada (com ocupação artificial) relativamente à área total urbana de interesse para o estudo e respetiva população residente. |

D1.5.1 Alterações do uso do solo

A análise da evolução da ocupação e uso do solo num determinado período de tempo pode ser revelador das práticas utilizadas na gestão e no planeamento do território. O indicador “Alterações do uso do solo” (UN, 2007) reproduz a evolução na ocupação e uso do solo urbano, permitindo analisar as alterações relativas ao uso e ocupação do solo ocorridas durante um certo período de tempo. Esta análise permitirá compreender o desenvolvimento urbano e a evolução da morfologia urbana. A ficha seguinte apresenta este indicador.

| |
|---|
| Nome do indicador: ALTERAÇÕES DO USO DO SOLO |
| Subdomínio(s) |
| Planeamento e controlo do uso e ocupação do solo. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável |
| Ambiental; Económico. |
| Descrição |
| O indicador mede alterações na distribuição dos usos do solo para um país ao longo do tempo. Evolução da alteração do uso do solo para um determinado período de tempo. O indicador fornece informação sobre as alterações nos usos produtivos ou de proteção dos recursos do solo para facilitar o planeamento sustentável do uso do solo e o desenvolvimento de políticas. |
| Unidade(s) de medida |
| Área ocupada para um período temporal e por tipo de uso. |
| Objetivos e metas |
| Esta informação é útil na identificação de oportunidades para proteger os usos do solo ou promover a alocação futura, destinada a fornecer maiores benefícios sustentáveis para as pessoas. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| UN (2007). |
| Notas importantes |
| Principais categorias do uso do solo: solo arável, lavoura permanente, pastagem permanente, florestas e bosques, áreas construídas, etc. Podem ser escolhidas outras classificações menores, se disponível e apropriado. Economicamente, as alterações no uso do solo, por exemplo, resultam em alterações na produção agrícola e possível influência nas oportunidades de emprego. Do ponto de vista ambiental, o uso insustentável do solo é um fator importante para a degradação do solo, podendo representar uma ameaça para os ecossistemas e levar à perda do <i>habitat</i> natural e mudanças da paisagem. |

D2 Cobertura das infraestruturas básicas urbanas

Os critérios agregados ao Domínio D2 são apresentados na Tabela 3.3. Os identificadores (ID) correspondem à respetiva integração na estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério.

Tabela 3.3 – Critérios do Domínio D2 Cobertura das infraestruturas básicas urbanas

| Domínio | Subdomínios | IDS | Subindicadores |
|--|---|---|----------------|
| D2 Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2.1 Integração das infraestruturas urbanas | D2.1.1 População servida com sistemas de abastecimento de água | |
| | | D2.1.2 População servida por sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais | |
| | D2.2 Manutenção das infraestruturas urbanas | D2.2.1 Despesa ambiental | |

D2.1.1 População servida com sistemas de abastecimento de água

A distribuição da rede de abastecimento de água, tratando-se de uma infraestrutura básica urbana, deve evoluir em conformidade com a mancha urbana e respetiva expansão. Nesta perspetiva, considera-se um elemento útil para a análise da dispersão urbana. Por outro lado, pretendendo-se analisar o grau de sustentabilidade da cidade é importante conhecer se a cobertura desta infraestrutura está disponível para toda a população, ou qual a percentagem de população que não tem acesso a este serviço básico urbano. Por conseguinte, pesquisou-se um indicador que permitisse realizar este tipo de análise. O IDS “População servida com sistemas de abastecimento de água” (Marcelino *et al.*, 2007) tem por objetivo avaliar a população servida por sistemas públicos de abastecimento de água, enquadrando-se nos objetivos do modelo de análise multicritério. Deste modo, este IDS avalia também a integração e a adaptação da rede de abastecimento de água à malha urbana. Seguidamente apresenta-se a respetiva ficha.

| |
|---|
| Nome do indicador: POPULAÇÃO SERVIDA COM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA |
| Subdomínio(s) Integração das infraestruturas urbanas. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Social. |
| Descrição População residente servida por sistemas públicos de abastecimento de água. |
| Unidade(s) de medida Índice de abastecimento calculado pela razão entre a população residente ligada à rede pública de abastecimento de água e a população total residente. |
| Objetivos e metas Avaliar a percentagem de população total com sistemas públicos de abastecimento de água. |
| Fonte(s) de dados INE; INAG. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Marcelino <i>et al.</i> (2007). |
| Notas importantes Definições: Rede de abastecimento de água: conjunto de condutas, estações elevatórias, postos de cloragem de reforço e outros dispositivos acessórios, inseridos na malha urbana, destinados ao transporte e distribuição domiciliária de água para consumo; Sistema de abastecimento de água: conjunto de estruturas e equipamentos que asseguram a conectividade hidráulica e que vinculam o meio hídrico a um conjunto de utilizadores, com o objetivo de prestação de serviços de abastecimento de água potável e/ou bruta. |

D2.1.2 População servida por sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais

À semelhança do indicador de desenvolvimento sustentável anterior, é possível analisar a distribuição espacial das infraestruturas básicas urbanas a partir deste indicador. Neste caso, a análise é referente à drenagem e tratamento de águas residuais. O indicador “População servida por sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais” apresentado em Marcelino *et al.* (2007) avalia o nível de integração e adaptação do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais na malha urbana por população servida. A ficha descritiva é apresentada seguidamente.

| |
|--|
| Nome do indicador: POPULAÇÃO SERVIDA POR SISTEMAS DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS |
| Subdomínio(s) Integração das infraestruturas urbanas. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Social. |
| Descrição População residente servida por sistemas públicos de drenagem de águas residuais. População residente servida por sistemas públicos de tratamento de águas residuais. |
| Unidade(s) de medida Razão entre a população residente ligada à rede pública de drenagem de águas residuais e a população total residente (índice de drenagem). Razão entre a população residente ligada a sistemas públicos de tratamento de águas residuais e a população total residente (índice de tratamento). |
| Objetivos e metas Avaliar o número de população servida por sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas. |
| Fonte(s) de dados INE; INAG. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Marcelino <i>et al.</i> (2007). |
| Notas importantes Definições: Rede de drenagem de águas residuais – conjunto de coletores, estações elevatórias, câmaras de visita e outros dispositivos acessórios destinados à drenagem de águas residuais domésticas, urbanas ou industriais; Sistema de drenagem de águas residuais – conjunto de estruturas e equipamentos que asseguram a conectividade hidráulica e fazem afluir as águas residuais a um meio recetor, com o objetivo de prestação de serviços de drenagem e tratamento de águas residuais; Estação de tratamento de águas residuais (ETAR) – instalação de tratamento constituída por obras de construção civil e outros equipamentos. O tratamento processa-se através de uma sequência de operações físicas, químicas e biológicas que se dividem em fase líquida (tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário) e a fase sólida (desidratação, espessamento e estabilização); Fossa séptica – órgão de decantação e digestão, onde as águas residuais domésticas permanecem o tempo suficiente para sofrerem um tratamento físico (sedimentação e flotação) e no qual se processa um tratamento biológico das lamas (digestão anaeróbica). Uma fossa séptica coletiva urbana que serve aglomerados urbanos. |

De acordo com a definição dada em Marcelino *et al.* (2007), o indicador é calculado segundo duas medidas traduzidas pelo índice de drenagem e índice de tratamento. No entanto, entende-se que a avaliação final do indicador deve ser apresentada como o resultado do conjunto dos dois índices, de forma a melhor analisar esta variável e também a integrar o indicador no modelo de análise multicritério.

D2.2.1 Despesa ambiental

A despesa associada a fatores ambientais, como a poluição, a recolha e gestão de resíduos, a gestão e tratamento da água, entre outros, demonstra a conduta ambiental da cidade. De acordo com Mega e Pederson (1998), a avaliação destes gastos além de ser um bom indicador do comportamento ambiental da cidade é também uma manifestação da capacidade financeira da cidade. Neste âmbito, o indicador “Sustentabilidade económica urbana” (Mega e Pederson, 1998), cuja ficha de apresenta no Anexo A, avalia a viabilidade económica da cidade de forma a melhorar a sustentabilidade económica urbana.

Atendendo à definição do IDS e ao objetivo deste trabalho de investigação, considera-se que o componente de maior importância para integrar o modelo de análise multicritério corresponde à despesa ambiental. Saliente-se que este componente do IDS “Sustentabilidade económica urbana” tem por objetivo quantificar os custos associados à recolha de lixo, esgoto, transporte e gestão da água. Assim sendo, apresenta-se como um indicador importante para avaliar os custos associados à gestão e manutenção das infraestruturas urbanas relacionadas com o abastecimento de água potável, o tratamento e recolha de águas residuais, a recolha de resíduos sólidos urbanos, entre outros, relativamente à população da cidade. Em particular, avalia a despesa associada às zonas periféricas da cidade, nomeadamente as relacionadas com este tipo de infraestruturas urbanas. Neste raciocínio, o indicador foi reescrito e adaptado aos objetivos da Tese, considerando-se unicamente a componente relativa à despesa ambiental para a análise do indicador. Coerentemente foi atribuída a designação de “Despesa ambiental” ao indicador resultante. Apresenta-se a seguir a ficha do indicador *D2.2.1 Despesa ambiental* resultante do IDS “Sustentabilidade económica urbana” (Mega e Pederson, 1998).

| |
|---|
| Nome do indicador: DESPESA AMBIENTAL |
| Subdomínio(s) Manutenção das infraestruturas urbanas. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica; Ambiental; Social. |
| Descrição Custos associados às infraestruturas urbanas. |
| Unidade(s) de medida Volume de gastos financeiros para a recolha de lixo, esgoto, transporte e gestão da água por habitante da cidade. |
| Objetivos e metas Melhorar o comportamento ambiental da cidade e a sustentabilidade urbana. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mega e Pederson (1998). |
| Notas importantes Composição do indicador: Despesa ambiental equivalente (EEeq) = EE / população. Componentes dos dados: despesa ambiental (EE), para recolha de lixo, esgoto, transporte, gestão da água. A despesa ambiental por habitante, por ano, é um bom indicador do comportamento ambiental da cidade. |

No seguimento, considerou-se que a unidade de medida mais apropriada diz respeito ao volume de gastos financeiros para recolha de lixo, esgoto, transporte e gestão da água por habitante da cidade.

D3 Cobertura das infraestruturas viárias urbanas

Na Tabela 3.4 apresentam-se todos os critérios agregados ao Domínio D3 e respetiva integração na estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério de acordo com o indentificador (ID).

Tabela 3.4 – Critérios do Domínio D3 Cobertura das infraestruturas viárias urbanas

| Domínio | Subdomínios | IDS | Subindicadores |
|---|--|---|--|
| D3 Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3.1 Distribuição das infraestruturas de transporte | D3.1.1 Estrutura da rede viária | |
| | | D3.1.3 Solo ocupado por infraestruturas de transporte | |
| | D3.2 Efeito de barreira | D3.2.1 Fragmentação do território pela rede viária | |
| | D3.3 Manutenção das infraestruturas de transporte | D3.3.1 Despesas anuais para as autoridades públicas | |
| | | | D3.3.1.2 Investimentos para transportes públicos |
| D3.4 Parqueamento | D3.4.1 Consumo de espaço público para estacionamento | | |

D3.1.1 Estrutura da rede viária

A distribuição da rede viária na malha urbana e a sua relação com a expansão urbana já foi analisada e exposta anteriormente, quer na parte inicial deste Capítulo, quer no Capítulo II. É inevitável dissociar a expansão urbana da extensão e estrutura da rede viária. A expansão das áreas urbanas e das infraestruturas de transporte associadas são causas importantes de alterações ambientais, nomeadamente ao nível da ocupação do solo e da biodiversidade, habitualmente acompanhada de acréscimos no consumo de energia. Esta expansão ocorre quando a taxa de conservação da afetação dos solos excede a taxa de crescimento demográfico (Marcelino *et al.*, 2007). No contexto referido, constata-se que a rede viária urbana é um fator importante quando se avalia a expansão urbana, em especial segundo uma perspetiva de sustentabilidade. Neste enquadramento foi realizada a pesquisa bibliográfica de forma a identificar indicadores de desenvolvimento sustentável que abordassem este assunto. O indicador “Estrutura da rede viária e fragmentação do território” definido em Marcelino *et al.* (2007) tem por objetivo avaliar a extensão da rede viária e a sua relação com o território onde se insere. No Anexo A apresenta-se a respetiva ficha.

Tendo em conta a descrição do IDS “Estrutura da rede viária e fragmentação do território” (Marcelino *et al.*, 2007), considerou-se conveniente a sua divisão em dois indicadores de modo a diferenciar a respetiva análise. Deste modo, simplifica-se também a sua integração na estrutura do modelo de análise multicritério. Assim, foram criados dois indicadores: *D3.1.1 Estrutura da rede viária* e *D3.2.1 Fragmentação do território pela rede viária*. A Figura 3.7 mostra o respetivo fluxograma.

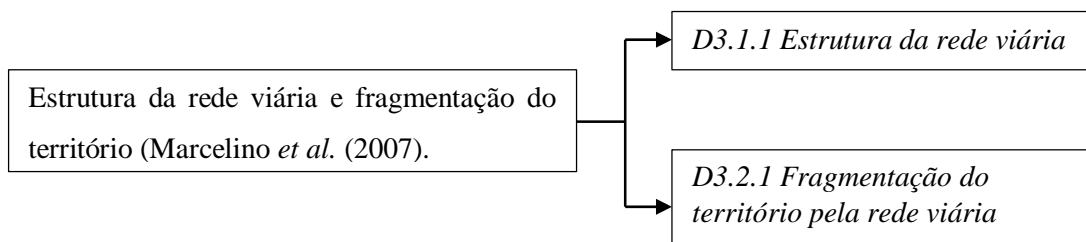


Figura 3.7 – Desagregação do IDS “Estrutura da rede viária e fragmentação do território”

A opção de considerar dois novos indicadores e não subindicadores prende-se com a especificidade de cada um destes componentes, o que obriga a que sejam associados a Subdomínios distintos dentro da estrutura do modelo de análise multicritério desenvolvido. Embora ambos os indicadores criados se relacionem com a ocupação do solo pelas infraestruturas rodoviárias, entende-se que contribuem com objetivos diferentes para a análise pretendida. Assim, foram identificados os respetivos objetivos para cada um destes indicadores resultantes da desagregação do IDS original. O primeiro pretende analisar a distribuição e ocupação espacial destas infraestruturas urbanas e a sua adequação à expansão urbana. O segundo possibilita avaliar o nível de fragmentação do território urbano provocado por estas infraestruturas e efeitos relacionados com a segregação e a dispersão urbana, níveis de ruído associados, bem como o efeito de barreira provocado no património natural. Relativamente aos níveis de ruído associados às infraestruturas viárias, não se incluiu neste ponto, uma vez que esta variável se insere no quarto Domínio respeitante à mobilidade urbana, e Subdomínio referente ao controlo dos impactos no meio urbano. De forma a melhor perceber a relação e integração das infraestruturas sobre o território a analisar e em consequência avaliar os efeitos de barreira que possam resultar, a análise deve ser feita conjuntamente com os tipos de uso e ocupação do solo. Só assim é possível perceber de que forma as diferentes estruturas se relacionam. Neste seguimento, entende-se ser mais adequado que a avaliação do indicador relativo à fragmentação do território pelas infraestruturas viárias seja realizada de forma qualitativa em função da posse de solo pelas infraestruturas de transporte e o tipo de ocupação ou uso do solo. Assim, a unidade de medida do indicador apresentada originalmente em

Marcelino *et al.* (2007) foi alterada e adequada ao objetivo do modelo de análise multicritério. Seguidamente apresenta-se a ficha do indicador resultante *D3.1.1 Estrutura da rede viária*. O indicador *D3.2.1 Fragmentação do território pela rede viária* será apresentado adiante aquando da referência ao respetivo Subdomínio.

| |
|--|
| Nome do indicador: ESTRUTURA DA REDE VIÁRIA |
| Subdomínio(s) Distribuição das infraestruturas de transporte. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Económica. |
| Descrição Evolução e ocupação da rede viária, por tipo de via, e sua distribuição no território. |
| Unidade(s) de medida Quilómetros de vias por km ² de território. Extensão das vias (ferroviárias ou rodoviárias – estradas, autoestradas, vias municipais) existentes e operacionais, ou construídas, e sua distribuição geográfica. |
| Objetivos e metas Analisar a distribuição espacial das infraestruturas de transporte e a sua adequação à expansão urbana. |
| Fonte(s) de dados IMTT; INE; EP; Comissão Europeia. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Marcelino <i>et al.</i> (2007). |
| Notas importantes A expansão das áreas urbanas e das infraestruturas de transporte associadas é uma causa importante de alterações ambientais, nomeadamente ao nível da ocupação do solo e da biodiversidade, habitualmente acompanhada de acréscimos no consumo de energia. Esta expansão ocorre quando a taxa de conservação da afetação dos solos excede a taxa de crescimento demográfico. |

D3.1.2 Solo ocupado por infraestruturas de transporte

O espaço consumido pela mobilidade urbana, entre outros fatores, é constituído pela área de solo que as infraestruturas de transporte ocupam. Considerando a importância deste fator para a análise da sustentabilidade urbana efetuou-se a respetiva pesquisa bibliográfica, tendo-se identificado dois indicadores: “Espaço ocupado por infraestruturas de transporte” (Nicolas *et al.*, 2003) e ”Ocupação do solo por infraestruturas de transporte” (Mameli e Marletto, 2009). As respetivas fichas descritivas são apresentadas no Anexo A. Constatou-se que estes dois indicadores visam objetivos iguais. Por conseguinte, precedeu-se à sua agregação de forma a definir um indicador com igual propósito. Na Figura 3.8 apresenta o fluxograma inerente ao indicador resultante e designado por *D3.1.2 Solo ocupado por infraestruturas de transporte*.

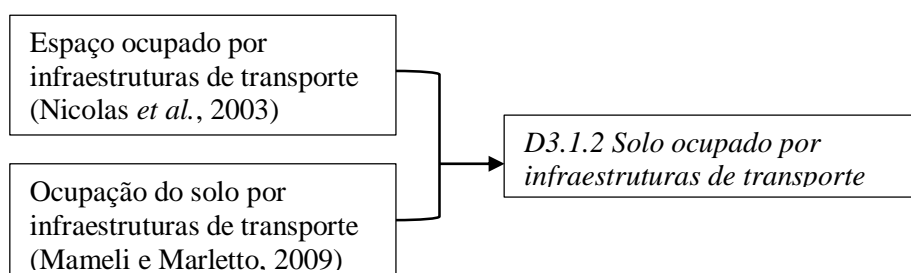


Figura 3.8 – Fluxograma para obter o indicador *D3.1.2 Solo ocupado por infraestruturas de transporte*

A unidade de medida do indicador obtido foi alterada, em relação à definida originalmente pelos autores mencionados. Esta alteração resultou do entendimento de se considerar ser mais adequado o cálculo do rácio entre a área ocupada pelas infraestruturas de transporte e a respetiva área total urbana, atendendo aos objetivos traçados para o indicador e também por se julgar ser mais apropriado para a sua análise na conjuntura urbana. Ou seja, a unidade de medida deixou de ser apenas a área ocupada pelas infraestruturas de transporte, para passar a ser o rácio de área ocupada pelas infraestruturas de transporte relativamente à área total urbana. A ficha descritiva do indicador resultante é apresentada de seguida.

| |
|--|
| Nome do indicador: SOLO OCUPADO POR INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE |
| Subdomínio(s) Distribuição das infraestruturas de transporte. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Área de solo ocupado pelas infraestruturas de transporte. Análise ao nível global e por local de residência. |
| Unidade(s) de medida Atendendo ao objetivo deste indicador, considerou-se ser adequado o cálculo do rácio entre a área de solo ocupado por infraestruturas de transporte e a área total urbana, sendo assim alterada a unidade de medida original. |
| Objetivos e metas Avaliar a área ocupada por todas as infraestruturas de transporte relativamente à área total urbana e por zonas residenciais. Reduzir o consumo do solo gerado pela mobilidade. |
| Fonte(s) de dados Bases de dados de estradas. Medição direta considerando a largura da estrada de acordo com o tipo de estrada. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mameli e Marletto, 2009; Nicolas <i>et al.</i> , 2003. |
| Notas importantes Os valores podem ser estimados por medição direta com a hipótese de a largura da estrada ser de acordo com o tipo de estrada. |

D3.2.1 Fragmentação do território pela rede viária

A localização das infraestruturas de transporte e a respetiva ocupação do solo pode gerar impactos negativos não negligenciáveis sobre o património natural, como: fragmentação dos *habitats*, redução na diversidade de algumas espécies e simplificação do aparecimento de outras espécies. Consequentemente é alterado o movimento e a troca genética entre populações, além de outros impactos indiretos como os gerados pelo ruído (Marcelino *et al.*, 2007).

Considerando a importância da análise deste fator para a sustentabilidade urbana, procedeu-se à sua introdução no modelo de análise multicritério. Neste âmbito, foi considerado o indicador “Fragmentação do território pela rede viária” (Marcelino *et al.*, 2007), descrito na ficha seguinte, para avaliar o impacto da rede viária relativamente à segregação e dispersão

urbana. Este critério resultou da desagregação do indicador “Estrutura da rede viária e fragmentação do território”, conforme apresentado na Figura 3.7.

| |
|--|
| Nome do indicador: FRAGMENTAÇÃO DO TERRITÓRIO PELA REDE VIÁRIA |
| Subdomínio(s) Efeito de barreira. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Ocupação da rede viária, por tipo de via, e sua distribuição no território. |
| Unidade(s) de medida Ocupação do solo pelas infraestruturas de transporte <i>versus</i> tipo de ocupação e uso do solo e respetiva localização geográfica. Avaliação qualitativa. |
| Objetivos e metas Perceber o nível de fragmentação do território urbano pelas infraestruturas viárias e o efeito sobre a segregação e dispersão urbana, bem como o efeito de barreira provocado no património natural. |
| Fonte(s) de dados IMTT; INE; EP; Comissão Europeia. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Marcelino <i>et al.</i> (2007). |
| Notas importantes |

D3.3.1 Despesas anuais para as autoridades públicas

A mobilidade urbana acarreta encargos financeiros, quer ao nível da manutenção das infraestruturas rodoviárias quer para a gestão de frotas dos transportes públicos. Estas despesas são suportadas por entidades públicas ou privadas, dependendo da sua competência e responsabilidade neste setor. Estes custos refletem-se na sociedade, de um modo geral ou em particular. Num contexto de desenvolvimento sustentável tem interesse a análise dos custos associados ao funcionamento das infraestruturas de transporte. Neste âmbito, foi identificado o indicador “Despesas anuais para as autoridades públicas” em Nicolas *et al.* (2003). A respetiva ficha é apresentada no Anexo A.

Atendendo à descrição do IDS “Despesas anuais para as autoridades públicas” (Nicolas *et al.*, 2003) considerou-se ser vantajoso a sua divisão em dois subindicadores, de acordo com os dois componentes: investimentos rodoviários e transporte público. Esta divisão permitirá uma melhor compreensão e análise de cada uma das despesas associadas ao transporte. Assim, criaram-se dois subindicadores designados por “Investimentos rodoviários” e “Investimentos para transportes públicos”, que quando agregados calculam o nível de sustentabilidade urbana para o IDS “Despesas anuais para as autoridades públicas”, permitindo fazer a análise global sobre os custos associados à gestão e à manutenção das infraestruturas de transporte urbano. A Figura 3.9 apresenta o fluxograma da desagregação deste indicador.

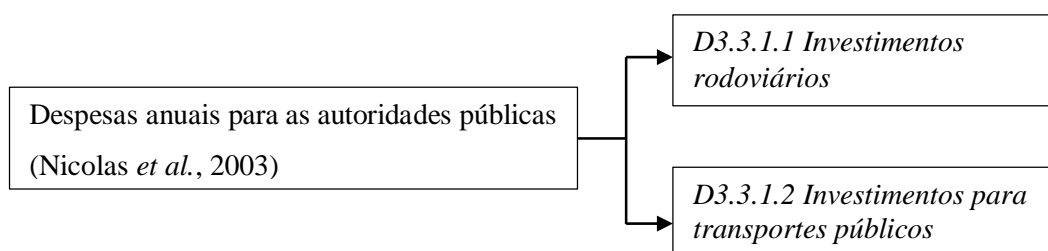


Figura 3.9 – Desagregação do IDS “Despesas anuais para as autoridades públicas”

Nos quadros seguintes apresentam-se as fichas descritivas de cada um dos subindicadores criados, cujos objetivos foram ajustados ao tema desta Tese.

| |
|--|
| Nome do indicador: INVESTIMENTOS RODOVIÁRIOS |
| Subdomínio(s) Manutenção das infraestruturas de transporte. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica. |
| Descrição Investimentos rodoviários (estradas, estacionamento) por pessoa e por ano. Despesas anuais para investimentos e funcionamento associados às vias urbanas (total e por residente). |
| Unidade(s) de medida Custo total por residente e por ano. Valor estimado com alocação parcial para as vias urbanas. |
| Objetivos e metas Analisar o custo associado ao investimento em novas infraestruturas rodoviárias e também à manutenção das existentes. |
| Fonte(s) de dados Administração local. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Investimentos rodoviários por pessoa e por ano e custos de funcionamento. Análise parcial (vias urbanas). |

| |
|---|
| Nome do indicador: INVESTIMENTOS PARA TRANSPORTES PÚBLICOS |
| Subdomínio(s) Manutenção das infraestruturas de transporte. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica. |
| Descrição Investimentos por pessoa e por ano e custos de funcionamento associados aos transportes públicos. Despesas anuais para investimentos e funcionamento (total e por residente). |
| Unidade(s) de medida Custo total por ano e por residente. Valor estimado com alocação parcial para o transporte público. |
| Objetivos e metas Analisar os custos associados à gestão e manutenção das frotas dos transportes públicos (metropolitano, autocarro, comboio, outros). |
| Fonte(s) de dados Administração local; Empresa responsável pelos transportes urbanos. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Análise parcial (transportes públicos). Os custos de investimento e funcionamento dos transportes públicos correspondem à soma das várias parcelas por tipo de transporte. |

D3.4.1 Consumo de espaço público para estacionamento

O uso individual de veículos motorizados, além de consumir espaço público associado às vias rodoviárias absorve também espaço para estacionamento. Os lugares de estacionamento consomem solo urbano e obrigam a gastos financeiros para a sua manutenção. Deste modo, a avaliação da área ocupada por este equipamento urbano é fundamental para melhor gerir os recursos disponíveis, em particular o solo urbano, de modo a melhorar a habitabilidade e a reduzir o espaço público ocupado por veículos motorizados. Num contexto de desenvolvimento urbano sustentável é importante avaliar esta medida, de forma a adequar às necessidades a área disponível para estacionamento. Neste sentido, foram pesquisados indicadores que satisfizessem este objetivo da análise. Como consequência selecionou-se o indicador “Consumo de espaço público para estacionamento” apresentado em Nicolas *et al.* (2003), o qual avalia a área ocupada por cada veículo estacionado de acordo com o tempo de ocupação. Apresenta-se de seguida a ficha descritiva.

| |
|--|
| Nome do indicador: CONSUMO DE ESPAÇO PÚBLICO PARA ESTACIONAMENTO |
| Subdomínio(s) Parqueamento. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Consumo individual diário do espaço público envolvido em parqueamento. Análise ao nível global, por modo de transporte e por local de residência. Este indicador foi escolhido para focar a medição na ocupação do espaço público. |
| Unidade(s) de medida Área ocupada por tempo de ocupação: m ² *h |
| Objetivos e metas Analisar o espaço público que cada indivíduo ocupa, por dia, em estacionamento e de acordo com o tipo de transporte utilizado. |
| Fonte(s) de dados Inquérito aos agregados familiares. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Os valores podem ser estimados com base na seguinte fórmula: $Cs_i = \frac{S_i h_i}{n_i}$ Onde, S_i = área ocupada por um lugar (m ²); h_i = tempo de estacionamento (h); n_i = taxa de ocupação do carro (n.º de ocupantes). |

D4 Mobilidade urbana

A mobilidade urbana e em particular o uso de veículos motorizados tem-se intensificado nas últimas décadas, sobretudo nas áreas metropolitanas, em consequência do desenvolvimento económico, social e urbanístico, caracterizado pela dispersão das áreas residenciais e pela desnuclearização das atividades. Como tal, o setor dos transportes é um dos que apresenta

maiores pressões ambientais, não só em Portugal como nos restantes países da União Europeia (Marcelino *et al.*, 2007). Segundo Nicolas *et al.* (2003), o contexto urbano e especialmente a dimensão da cidade desempenham um papel determinante que pode afetar notavelmente os indicadores propostos para a mobilidade sustentável.

O Domínio D4 referente à mobilidade urbana agrega critérios relacionados com esta temática no sentido de avaliar a mobilidade urbana num contexto de sustentabilidade. Assim, pesquisaram-se indicadores de desenvolvimento sustentável de modo a estruturar a hierarquia de critérios sob este Domínio. A Tabela 3.5 apresenta todos os critérios identificados e cujo conteúdo se considerou relevante para alcançar os objetivos do modelo de análise multicritério.

Tabela 3.5 – Critérios do Domínio D4 Mobilidade Urbana

| Domínio | Subdomínios | IDS | Subindicadores |
|--|---------------------------------------|--|--|
| D4 Mobilidade urbana | D4.1 Diversificação modal | D4.1.1 Distribuição modal por viagem | |
| | D4.2 Sinistralidade rodoviária urbana | D4.2.1 Acidentes de trânsito | |
| | D4.3 Transporte individual | D4.3.1 Número de viagens diárias | D4.3.1.1 Número de viagens diárias (Transporte público) |
| | | | D4.3.1.2 Número de viagens diárias (Transporte privado) |
| | D4.4 Tipo de viagem | D4.4.2 Distância média diária percorrida | D4.3.2 Utilização de carro privado |
| | | | D4.4.1 Tempo de viagem |
| | | | D4.4.2.1 Distância média diária percorrida (Viagens motorizadas) |
| | D4.5 Fluidez e circulação | D4.5.1 Congestionamento | D4.4.2.2 Distância média diária percorrida (Viagens não motorizadas) |
| | | | D4.6.1 Custos para a comunidade |
| | D4.6 Custos para a mobilidade urbana | D4.6.2 Custos para os agregados familiares | D4.6.2.1 Despesas para transporte público |
| D4.6.2.2 Custos de utilização de veículo privado | | | |
| D4.6.2.3 Custos de estacionamento | | | |
| D4.6.2.4 Estacionamento residencial | | | |
| D4.7 Lugares de estacionamento | D4.7.1 Estacionamento público | | |

Tabela 3.5 – Critérios do Domínio D4 Mobilidade Urbana (Cont.)

| Domínio | Subdomínios | IDS | Subindicadores |
|----------------|---|------------|--|
| | D4.8 Política de tarifário | D4.8.1 | Taxas locais |
| | D4.9 Controlo dos impactos no meio ambiente | D4.9.1 | Qualidade do ar |
| | | D4.9.2 | Emissão de gases poluentes |
| | | D4.9.3 | Resíduos gerados pelos transportes |
| | | D4.9.4 | Ruído urbano |
| | D4.10 Meios de transporte não poluentes | D4.10.1 | Deslocações pedonais e de bicicleta |
| | D4.11 Consumo de recursos naturais | D4.11.1 | Consumo de combustível |
| | D4.12 Apoio ao cidadão | D4.12.1 | Acessibilidade à informação |
| | D4.13 Disponibilidade e qualidade do transporte público | D4.13.1 | Quantidade e qualidade do transporte público |

D4.1.1 Distribuição modal por viagem

Em Portugal tem-se registado um crescimento desigual na utilização dos vários modos de transporte de passageiros, sendo de assinalar o aumento exponencial no uso do transporte de passageiros por veículos privados. De acordo com Marcelino *et al.* (2007) embora se tenha verificado um aumento do volume de transporte ferroviário e aéreo de mercadorias, ainda é evidente a preponderância do modo rodoviário no transporte de mercadorias. O mesmo se verifica para o transporte de passageiros.

O transporte rodoviário sobrecarrega o território com a construção de novas infraestruturas, congestionando o tráfego, aumentando os níveis de poluição atmosférica e sonora, entre outros impactos negativos para a população. De acordo com UN (2007) o uso de carro para o transporte de passageiros é geralmente menos eficiente em termos energéticos e tem maiores impactos sociais e ambientais, tais como: a poluição, o aquecimento global, bem como uma maior taxa de acidentes. Por conseguinte, é de todo conveniente a utilização de outras modalidades de transporte.

Um sistema de transporte devidamente integrado na malha urbana, acessível e disponível para a população contribui para um padrão de mobilidade urbana sustentável, na medida em que facilita o uso diversificado dos transportes. Em cada viagem é possível alternar entre os vários tipos de transporte (transporte público motorizado, transporte privado motorizado, transporte não motorizado) desde que estes estejam disponíveis e simplifiquem o percurso. Para tal é importante a boa interligação entre os diferentes meios de transporte disponíveis ao

cidadão. Tratando-se de um assunto de relevância para o estudo da mobilidade urbana numa perspectiva de sustentabilidade, foram pesquisados indicadores que permitissem avaliar esta dimensão. Vários autores (Berrini *et al.*, 2003; Marcelino *et al.*, 2007; UN, 2007; Nicolas *et al.*, 2003) expõem indicadores sobre esta temática. No Anexo A apresenta-se o indicador “Repartição modal dos transportes de passageiros e de mercadorias” descrito em Marcelino *et al.* (2007).

O indicador “Mobilidade local e transporte de passageiros” (Berrini *et al.*, 2003), entre outros componentes, considera a avaliação dos modos de transporte usados por viagem. Por conseguinte, atendendo à descrição deste componente do IDS criou-se um novo indicador de desenvolvimento sustentável designado por “Modo de transporte usado por viagem”, cuja ficha se apresenta de seguida.

| |
|---|
| Nome do indicador: MODO DE TRANSPORTE USADO POR VIAGEM |
| Subdomínio(s) Diversificação modal. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Tipo de transporte utilizado para cada viagem e/ou por diferentes distâncias associadas a cada viagem (percentagem relativa aos diferentes tipos de transporte considerados). |
| Unidade(s) de medida Percentagem por tipo de transporte utilizado por viagem. |
| Objetivos e metas |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes De forma a tornar todos os dados comparáveis e para simplificar a interpretação dos mesmos, as classificações relacionadas com os motivos para as deslocações e os meios de transporte usados foram agregados em novos, relatando os dados não agregados apenas com relação à análise detalhada específica. Razões para as deslocações: sistemáticas (casa-escola e casa-trabalho); não sistemáticas (centro comercial, recreio e razões pessoais). Meios de transporte usados: transporte público motorizado (táxi, coletivo e combinado); transporte privado motorizado (moto e carro); transporte não motorizado (a pé e bicicleta). |

Também em Nicolas *et al.* (2003) é identificado outro indicador relacionado com a diversificação modal em viagens realizadas pelos moradores de cidades, cujo conteúdo se relaciona com a organização da mobilidade urbana. Outro indicador de desenvolvimento sustentável referente à temática da distribuição modal é descrito em Marcelino *et al.* (2007). Ainda em UN (2007) é referenciado um indicador de desenvolvimento sustentável do âmbito desta temática. As respetivas fichas descritivas destes indicadores são apresentadas no Anexo A. Considerando os indicadores de desenvolvimento sustentável (Berrini *et al.*, 2003; Marcelino *et al.*, 2007; UN, 2007; Nicolas *et al.*, 2003) expostos, conclui-se que todos têm por

objetivo analisar a organização da mobilidade urbana, através do estudo da diversificação modal aplicada às viagens realizadas por cada cidadão. Por conseguinte, procedeu-se à sua agregação de modo a criar um único indicador equivalente. A Figura 3.10 mostra o fluxograma correspondente, cujo indicador resultante da agregação se designou por *D4.1.1 Distribuição modal por viagem*.

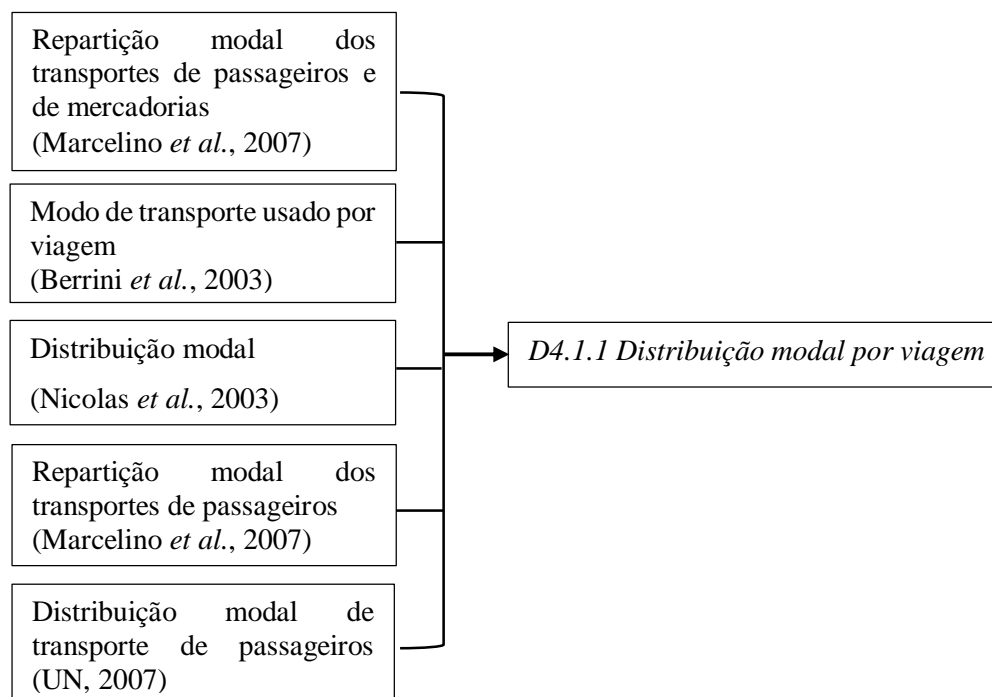


Figura 3.10 – Fluxograma para obter o indicador *D4.1.1 Distribuição modal por viagem*

O quadro seguinte apresenta a ficha descritiva do indicador *D4.1.1 Distribuição modal por viagem* resultante da agregação dos cinco indicadores, conforme a Figura 3.10.

| |
|--|
| Nome do indicador: DISTRIBUIÇÃO MODAL POR VIAGEM |
| Subdomínio(s) Diversificação modal. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social; Ambiental; Económica. |
| Descrição Tipo de transporte utilizado por cada viagem e/ou por diferentes distâncias associadas a cada viagem, dentro do espaço urbano. Percentagem relativa aos diferentes tipos de transporte considerados. |
| Unidade(s) de medida Percentagem de utilização dos diferentes modos de transporte por cada viagem. |
| Objetivos e metas Estudar os hábitos de transporte da população local urbana. Analisar a organização da mobilidade urbana. |
| Fonte(s) de dados Inquérito aos agregados familiares. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) (Berrini <i>et al.</i> , 2003; Marcelino <i>et al.</i> , 2007; UN, 2007; Nicolas <i>et al.</i> , 2003). |
| Notas importantes Meios de transporte usados: transporte público motorizado (táxi, coletivo e combinado); transporte privado motorizado (moto e carro); transporte não motorizado (a pé e bicicleta). Este indicador relaciona-se com a organização da mobilidade urbana. |

D4.2.1 Acidentes de trânsito

A sinistralidade rodoviária é um dos efeitos negativos da mobilidade urbana com implicações económicas e sociais para a comunidade. É importante a implementação de medidas corretivas de forma a minimizar o número de ocorrências e assim contribuir para a sustentabilidade da mobilidade em ambiente urbano. Mediante a pesquisa bibliográfica realizada encontraram-se em Marcelino *et al.* (2007), Mameli e Marletto (2009) e Nicolas *et al.*, (2003) indicadores de desenvolvimento sustentável referentes a este assunto, os quais se apresentam de seguida. Estes indicadores pretendem definir medidas de prevenção e de redução do número de acidentes de trânsito, melhorando a segurança rodoviária. As fichas descritivas dos indicadores pesquisados são apresentadas no Anexo A.

Após a análise dos indicadores pesquisados relativos à sinistralidade rodoviária, conclui-se que, tendo todos eles objetivos e medidas semelhantes, é possível a sua agregação de forma a criar um só indicador para integrar o modelo de análise multicritério. De referir que o indicador de desenvolvimento sustentável “Sinistralidade rodoviária” (Marcelino *et al.*, 2007), apesar de ser apresentado pelos autores para aplicação em contexto nacional, os seus objetivos são facilmente adaptáveis ao contexto urbano.

A Figura 3.11 apresenta de forma esquemática a agregação dos três indicadores mencionados.

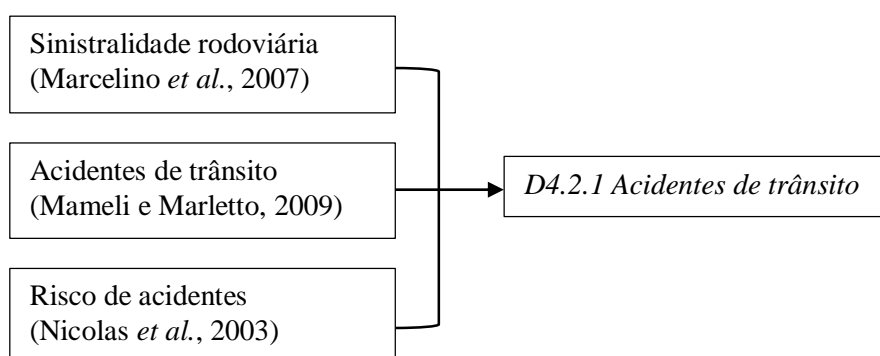


Figura 3.11 – Fluxograma para obter o indicador D4.2.1 Acidentes de trânsito

De forma a utilizar o indicador como termo de comparação entre cidades, torna-se necessário relativizar o mesmo em função da área da cidade ou da população da cidade. Uma vez que se trata de um indicador que recai sobre as pessoas, optou-se por calcular o valor relativo em função da população total da cidade. O quadro seguinte apresenta a ficha descritiva do indicador de desenvolvimento sustentável resultante da junção apresentada na Figura 3.11.

| |
|---|
| Nome do indicador: ACIDENTES DE TRÂNSITO |
| Subdomínio(s) Sinistralidade rodoviária urbana. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Vítimas resultantes de acidentes rodoviários urbanos. Contabilização do número de acidentes rodoviários registados anualmente dos quais resultaram vítimas (feridos ou mortos). |
| Unidade(s) de medida Porcentagem de acidentes rodoviários com vítimas por habitante e por ano. (considerar a população urbana) |
| Objetivos e metas Aumentar a segurança rodoviária urbana. |
| Fonte(s) de dados Instituto Nacional de Estatística (INE). Entidades locais. Comissão Europeia. Eurostat. Entrevistas (inquéritos), levantamento sobre a mobilidade. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Marcelino <i>et al.</i> , 2007; Mameli e Marletto, 2009; Nicolas <i>et al.</i> , 2003. |
| Notas importantes Definições: Acidente – Ocorrência na via pública ou que nela tenha origem, envolvendo pelo menos um veículo do conhecimento das entidades fiscalizadoras da qual resultam vítimas e/ou danos materiais. Vítima – Ser humano que, em consequência do acidente, sofra danos corporais. Feridos – Vítimas de acidentes. Ferido grave – Vítima de acidente cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização superior a 24 horas. Mortos ou vítimas mortais – Vítimas de acidente cujo óbito ocorra no local do evento ou no seu percurso até à unidade de saúde. |

D4.3.1 Número de viagens diárias

Os hábitos diários de viagem dos cidadãos dentro da cidade dão a entender a dinâmica de mobilidade. Como referido em Nicolas *et al.* (2003), quando as deslocações são efetuadas no centro da cidade os utentes podem usar vários modos de transporte (a pé, em transportes públicos ou de carro) de forma equilibrada. Por outro lado, em zonas de menor densidade urbana o uso do carro pode intensificar-se. O indicador “Mobilidade local e transporte de passageiros” apresentado em Berrini *et al.* (2003) refere vários aspetos relacionados com a mobilidade dos cidadãos. De forma a dar a perceber o seu conteúdo, apresenta-se no Anexo A a respetiva ficha descritiva.

Constata-se que o indicador de desenvolvimento sustentável “Mobilidade local e transporte de passageiros” (Berrini *et al.*, 2003) propõe a análise da mobilidade dos cidadãos, incluindo vários temas relacionados com a mobilidade urbana. Dada a diversidade e especificidade dos assuntos referidos, entendeu-se ser benéfico criar outros indicadores a partir da respetiva desagregação, permitindo uma análise mais específica de cada tema. Além disso, esta separação simplifica a ligação com outros indicadores de definição semelhante, apresentados por outros autores. No seguimento, identificaram-se sete itens relacionados com os diferentes aspetos que contribuem para definir o modelo geral de mobilidade de cada cidadão, retirados da descrição do indicador “Mobilidade local e transporte de passageiros”. A

saber: número de viagens que, em média, cada cidadão faz durante o dia; motivo das viagens e a sua regularidade durante a semana; distância média percorrida por cada cidadão durante o dia; tempo tomado por cada cidadão para as suas viagens; tipo de transporte utilizado para cada viagem e/ou por diferentes distâncias associadas a cada viagem; análise das viagens feitas em carro privado; nível qualitativo das viagens sistemáticas. Como identificado, as viagens sistemáticas correspondem às deslocações diárias para/de trabalho/escola. Relativamente à avaliação do nível qualitativo das viagens sistemáticas referida em Berrini *et al.* (2003), entende-se que as viagens sistemáticas poderão ser realizadas por qualquer modo de transporte, público ou privado, motorizado ou não motorizado, havendo por isso muitos fatores a considerar para a sua descrição e implementação no modelo de análise multicritério. Embora este fator seja referido pelos autores, a sua apresentação e descrição no texto é escassa, não se entendendo de forma objetiva de que modo contribuiu para o trabalho desenvolvido pelos autores, nem quais são as medidas consideradas para avaliar a qualidade destas viagens. Por conseguinte, tendo em conta o elevado nível de subjetividade que este item apresenta, não havendo uma definição clara do mesmo, o mesmo não foi tido em conta para integrar o modelo de análise multicritério. Ainda assim, considera-se que o motivo de viagem é uma medida que quantifica e avalia o número de viagens sistemáticas *versus* não sistemáticas e que poderá interessar para estudos futuros.

Seguidamente serão apresentados os indicadores resultantes da referida desagregação, de acordo com a ordem de inclusão no modelo de análise multicritério. O primeiro indicador resultante e a integrar no modelo de análise multicritério foi designado por *D4.3.1 Número de viagens diárias*, o qual se apresenta de seguida.

| |
|---|
| Nome do indicador: NÚMERO DE VIAGENS DIÁRIAS |
| Subdomínio(s) Transporte individual. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Número de viagens que, em média, cada cidadão faz durante o dia (número de viagens diárias <i>per capita</i>). |
| Unidade(s) de medida N.º de viagens/dia/pessoa. |
| Objetivos e metas Analisar o número de viagens que cada cidadão faz, em média, por dia. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes "Viagem" indica uma deslocação com um ponto de partida e um destino. |

Também Nicolas *et al.* (2003) identificaram um indicador com igual designação e objetivo semelhante. A descrição efetuada pelos autores é apresentada na respetiva ficha do Anexo A. Tendo em conta a descrição dos IDS “Número de viagens diárias” (Berrini *et al.*, 2003; Nicolas *et al.*, 2003), considerando que se pretende analisar a mobilidade em zonas de expansão urbana e a integração deste indicador no Subdomínio 4.3, entendeu-se considerar os transportes motorizados, públicos e privado. Foi ainda entendimento que os cidadãos que residem nas zonas urbanas periféricas dependem mais dos veículos motorizados para as suas deslocações diárias, dadas as maiores distâncias que necessitam de percorrer para chegar ao centro da cidade. Por conseguinte, dividiu-se o indicador de modo a criar dois subindicadores. Um relativo ao número de viagens diárias em transporte público e outro referente ao número de viagens diárias em transporte privado. A Figura 3.12 mostra o desenvolvimento considerado para obter estes critérios a integrar no modelo de análise multicritério.

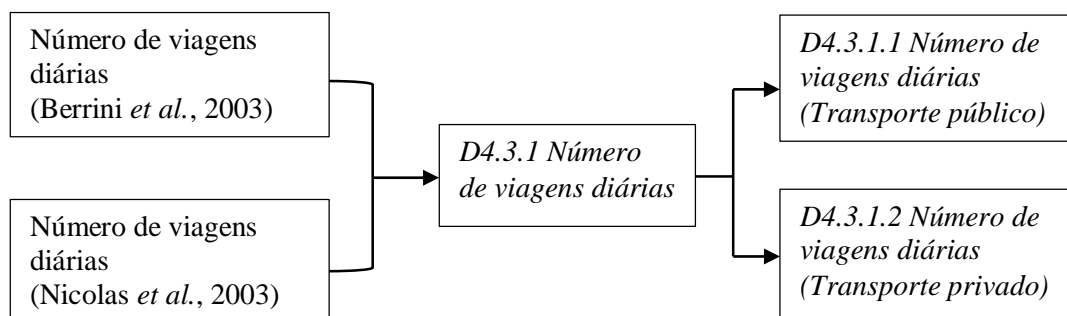


Figura 3. 12 – Fluxograma para obter os subindicadores relativos ao número de viagens diárias

Os quadros seguintes apresentam as fichas descritivas de cada um dos subindicadores criados.

| |
|---|
| Nome do subindicador: NÚMERO DE VIAGENS DIÁRIAS (Transporte público) |
| Subdomínio(s) Transporte individual. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Número médio de viagens realizadas diariamente em transporte público, por pessoa. |
| Unidade(s) de medida Número de viagens por dia, por pessoa. |
| Objetivos e metas Analisar o número médio de viagens realizadas em transporte público por pessoa, e do local de residência. |
| Fonte(s) de dados Inquérito aos agregados familiares. Principais indicações do método de estimação: medição direta. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> , 2003; Nicolas <i>et al.</i> , 2003. |
| Notas importantes Pretende-se com este indicador quantificar o número médio de viagens realizadas diariamente por pessoa, em transporte público. “Viagem” indica uma deslocação com um ponto de partida e um destino. |

| |
|---|
| Nome do subindicador: NÚMERO DE VIAGENS DIÁRIAS (Transporte privado) |
| Subdomínio(s) Transporte individual. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Número médio de viagens realizadas diariamente em transporte privado, por pessoa. |
| Unidade(s) de medida Número de viagens por dia, por pessoa, em transporte privado (N.º viagens/dia/pessoa). |
| Objetivos e metas Analisar o número médio de viagens realizadas em transporte privado por pessoa, e do local de residência. |
| Fonte(s) de dados Inquérito aos agregados familiares. Principais indicações do método de estimação: medição direta. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> , 2003; Nicolas <i>et al.</i> , 2003. |
| Notas importantes Pretende-se com este indicador quantificar o número médio de viagens realizadas diariamente por pessoa, em transporte privado. “Viagem” indica uma deslocação com um ponto de partida e um destino. |

D4.3.2 Utilização de carro privado

Com base na desagregação do IDS “Mobilidade local e transporte de passageiros” (Berrini *et al.*, 2003) criou-se outro indicador para analisar a intensidade de utilização do carro privado, o tipo de parque de estacionamento utilizado, o número de passageiros transportados e os principais motivos para a preferência deste modo de transporte. Segundo Berrini *et al.* (2003) as classificações atribuídas às medidas apontadas para as deslocações e os meios de transporte usados foram agregadas, de modo a obter novas classificações, e assim tornar os dados mais simples e comparáveis. Contudo, considerando que se pretende com este indicador caracterizar o grau de utilização do carro privado, entendeu-se ser mais apropriado a análise individual de cada uma das medidas. Considerou-se ainda ser mais adequado utilizar uma avaliação qualitativa como unidade de medida. De referir também, que segundo o estudo apresentado em Berrini *et al.* (2003) os dados foram obtidos por inquéritos realizados a cidadãos de várias cidades europeias, pelo que se propõe também a aquisição dos dados por inquéritos a realizar aos cidadãos da zona urbana em análise. O quadro seguinte apresenta a descrição do indicador resultante.

| |
|--|
| Nome do indicador: UTILIZAÇÃO DE CARRO PRIVADO |
| Subdomínio(s) Transporte individual. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Viagens realizadas em carro privado: tipo de parque de estacionamento utilizado, número de passageiros transportados e razão para a preferência. |

(Continua na página seguinte)

| |
|--|
| Unidade(s) de medida |
| Qualitativo. |
| Objetivos e metas |
| Caracterizar o comportamento dos cidadãos na utilização de carro próprio para as suas deslocações. |
| Fonte(s) de dados |
| Inquérito aos agregados familiares. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Berrini <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes |
| Indicador principal (<i>Headline indicator</i>): percentagem de viagens privadas em transporte motorizado. |

D4.4.1 Tempo de viagem

Um outro aspeto que contribui para definir o modelo de mobilidade urbana, segundo Berrini *et al.* (2003), relaciona-se com o tempo despendido por cada cidadão nas suas deslocações diárias. Com base neste conceito foi definido um novo indicador, “Tempo de viagem”, a partir do IDS “Mobilidade local e transporte de passageiros”, o qual é apresentado no Anexo A.

O trabalho apresentado em Nicolas *et al.* (2003), cujo objetivo consiste em aplicar indicadores de mobilidade sustentável ao transporte urbano diário utilizado pelos habitantes de uma cidade, refere um indicador cujo assunto se relaciona com o tempo médio diário gasto em viagens. A estrutura e conteúdo deste indicador são apresentados na respetiva ficha no Anexo A.

Os indicadores “Tempo de viagem” (Berrini *et al.*, 2003) e “Tempo médio diário de viagem” (Nicolas *et al.*, 2003) possuem objetivos iguais, o que justifica a sua junção. Assim, foi definido um novo indicador de desenvolvimento sustentável para integrar no modelo de análise multicritério. É objetivo deste indicador analisar o tempo que cada cidadão necessita diariamente para se deslocar dentro da área urbana. Caso seja do interesse, é possível verificar de que forma o tempo gasto em viagens se relaciona com o local de residência relativamente ao centro urbano. A Figura 3.13 apresenta o respetivo fluxograma.

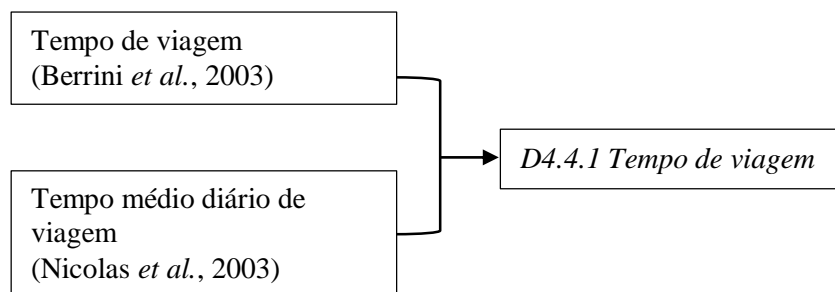


Figura 3.13 – Fluxograma para obter indicador D4.4.1 Tempo de viagem

O quadro seguinte apresenta a ficha descritiva do indicador resultante.

| |
|---|
| Nome do indicador: TEMPO DE VIAGEM |
| Subdomínio(s) Tipo de viagem. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Tempo gasto em deslocações dentro do espaço urbano, por cada cidadão (minutos tomados por viagem). |
| Unidade(s) de medida Tempo médio diário. Número de minutos por dia ou número de horas por dia. |
| Objetivos e metas Quantificar o tempo despendido por cada cidadão nas suas deslocações urbanas. |
| Fonte(s) de dados Inquérito aos agregados familiares. Principais indicações do método de estimação: medição direta. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> (2003); Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Meios de transporte usados: transporte público motorizado (táxi, coletivo e combinado); transporte privado motorizado (moto e carro). Estimativa do tempo gasto diariamente em deslocações, atendendo ao local de residência dos habitantes na zona urbana. |

D4.4.2 Distância média diária percorrida

Outro aspeto importante a avaliar na mobilidade urbana relaciona-se com a distância média percorrida por cada cidadão durante um dia (Berrini *et al.*, 2003). Segundo estes autores, as diferenças entre o tempo despendido em cada viagem e as distâncias cobertas podem ser explicadas não apenas pela velocidade de deslocação, mas também em termos dos diferentes entendimentos das pessoas nas distâncias cobertas diariamente, especialmente quando estão em causa viagens não sistemáticas. Com base neste conceito identificado por Berrini *et al.* (2003) definiu-se um novo indicador de desenvolvimento sustentável para integrar no modelo de análise multicritério. No Anexo A apresenta-se a descrição deste indicador, que resulta da desagregação do IDS “Mobilidade local e transporte de passageiros” (Berrini *et al.*, 2003).

Igualmente, Nicolas *et al.* (2003) identificaram um indicador relacionado com a organização da mobilidade urbana que avalia a distância percorrida diariamente por cada cidadão dentro do espaço urbano. Para estes autores, as distâncias diárias percorridas por habitante constituem um indicador determinante da emissão de poluentes, principalmente em áreas urbanas periféricas percorridas mais rapidamente com o uso do carro. No anexo A apresenta-se a descrição deste indicador.

Atendendo aos indicadores de desenvolvimento sustentável “Distância média diária percorrida” (Berrini *et al.*, 2003; Nicolas *et al.*, 2003), verifica-se que ambos se propõem a analisar a distância média diária percorrida por cada cidadão dentro da zona urbana, pelo que se procedeu à sua agregação, de modo a criar um indicador equivalente, atribuindo-se a mesma designação. Considerando ainda que Nicolas *et al.* (2003) entendem ser importante que a

análise do indicador seja diferenciada por viagens motorizadas e por viagens não motorizadas, foram criados dois subindicadores. A Figura 3.14 mostra o fluxograma associado ao indicador e respectivos subindicadores.

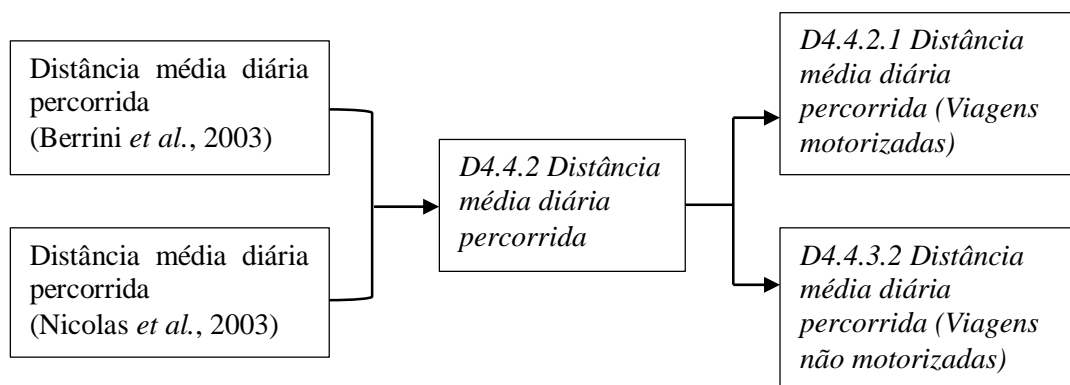


Figura 3.14 – Fluxograma para obter os subindicadores relativos à distância média diária percorrida

De seguida apresentam-se as respetivas fichas respeitantes aos subindicadores criados.

| |
|---|
| Nome do subindicador: DISTÂNCIA MÉDIA DIÁRIA PERCORRIDA (Viagens motorizadas) |
| Subdomínio(s) Tipo de viagem. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Distância média percorrida diariamente por cada cidadão, dentro do espaço urbano, em veículos motorizados. |
| Unidade(s) de medida Km/dia <i>per capita</i> . |
| Objetivos e metas Quantificar as distâncias percorridas diariamente por cada cidadão dentro da área urbana, em veículos motorizados. |
| Fonte(s) de dados Inquéritos aos agregados familiares para determinação da matriz origem-destino. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> (2003); Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Com base nos inquéritos aos agregados familiares é realizada a matriz origem-destino. Para viagens motorizadas , realizadas dentro da zona urbana, a distância pode ser estimada por: $1/2 \sqrt{S}$ (S), onde S é a área da zona. |

| |
|---|
| Nome do subindicador: DISTÂNCIA MÉDIA DIÁRIA PERCORRIDA (Viagens não motorizadas) |
| Subdomínio(s) Tipo de viagem. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Distância média percorrida diariamente por cada cidadão, dentro do espaço urbano, em viagens não motorizadas. |
| Unidade(s) de medida Km/dia <i>per capita</i> . |

(Continua na página seguinte)

| |
|--|
| Objetivos e metas |
| Quantificar as distâncias percorridas diariamente por cada cidadão dentro da área urbana, em viagens não motorizadas. |
| Fonte(s) de dados |
| Inquéritos aos agregados familiares (indicação das viagens pedonais e viagens de bicicleta). |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Berrini <i>et al.</i> (2003); Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes |
| Para viagens não motorizadas , método de estimação: estimado com velocidades hipotéticas de viagem, 3km/h para pedonal e 12km/h para bicicleta. |

D4.5.1 Congestionamento

O grau de congestionamento provocado pelo tráfego espelha a funcionalidade do modelo de mobilidade urbana. Os principais efeitos são a saturação das vias urbanas dificultando a circulação, o aumento do tempo de viagem e dos níveis de emissão de poluentes para a atmosfera, baixando os níveis de sustentabilidade da mobilidade urbana. No sentido de analisar este fator, selecionou-se o indicador de mobilidade urbana sustentável designado por “Congestionamento” apresentado em Mameli e Marletto (2009). A análise deste indicador tem por pretensão propor medidas para facilitar a mobilidade motorizada privada. O quadro seguinte apresenta a respetiva ficha descritiva.

| |
|---|
| Nome do indicador: CONGESTIONAMENTO |
| Subdomínio(s) |
| Fluidez e circulação. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável |
| Social. |
| Descrição |
| Capacidade dos veículos motorizados se movimentarem. |
| Unidade(s) de medida |
| Qualitativo. |
| Objetivos e metas |
| Facilitar a mobilidade urbana privada motorizada. |
| Fonte(s) de dados |
| Levantamento nacional sobre a mobilidade de passageiros. Uma amostra representativa de população (com idades entre os 18 e os 80 anos) foi convidada a avaliar tanto as dimensões de sustentabilidade como os indicadores (os seus objetivos específicos). |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Mameli e Marletto (2009). |
| Notas importantes |
| As respostas qualitativas foram transformadas em <i>scores</i> , gerando dois <i>rankings</i> . Um das avaliações (<i>ranking</i>) qualitativas que foram transformados em pontuações (<i>scores</i>) da seguinte forma: 1= útil, mas não urgente; 2= relevante, mas não prioritário; 4= prioritário. Esta avaliação foi feita para as dimensões de sustentabilidade (ambiental, social - habitabilidade, económica, social - acessibilidade). A outra avaliação (<i>ranking</i>) também qualitativa serviu para avaliar os objetivos relacionados com os indicadores, considerando uma escala de 1 a 13, sendo 1= mais relevante. |
| Foram ainda selecionados um conjunto relevante de <i>stakeholders</i> seguindo as seguintes categorias: instituições nacionais e locais; associações de consumidores/utilizadores, ambientalistas, trabalhadores e empresas, partidos políticos. Foi-lhes pedido para pesarem individualmente as dimensões mencionadas de forma a ser calculada a média individual destes <i>scores</i> . Cada dimensão foi marcada individualmente pelos <i>stakeholders</i> (1 a 100); cada um destes <i>scores</i> foi transformado em valores relativos dividindo-os pela soma dos <i>scores</i> atribuído por cada um dos <i>stakeholder</i> . O <i>score</i> médio foi então calculado através destes valores relativos para cada dimensão. |

D4.6.1 Custos para a comunidade

Os indicadores económicos associados aos custos de viagem têm por objetivo avaliar o custo-benefício das viagens dentro da área urbana, com base numa análise fechada do custo global por um lado, e do custo por modo de viagem por outro lado (Nicolas *et al.*, 2003), sobrepondo os diferentes pontos de vista: a comunidade como um todo e também os diferentes participantes envolvidos como, agregados familiares, empresas e autoridades públicas. Os custos e os constrangimentos sentidos por estes participantes não se enquadram necessariamente neste primeiro quadro devido às transferências fiscais de todo o tipo, geridas pelo Estado (Nicolas *et al.*, 2003). Por esta razão e para evitar a duplicação de contas, no cálculo do indicador “Custos para a comunidade” definido por Nicolas *et al.* (2003) não são contabilizadas as taxas locais para o transporte. Relativamente aos custos associados à comunidade, os autores identificam um indicador relacionado com os custos anuais exigidos aos moradores de uma zona urbana para as despesas imputadas à mobilidade urbana. Quanto às despesas dos participantes envolvidos, Nicolas *et al.* (2003) identificam três indicadores relativos aos agregados familiares, às empresas e às autoridades públicas. Quanto ao primeiro participante, foi identificado um indicador respeitante à despesa média anual por pessoa para a mobilidade urbana; um segundo indicador diz respeito às despesas anuais para as empresas e um terceiro indicador relacionado com as despesas anuais para investimento e funcionamento das vias rodoviárias, no que se refere às despesas para as autoridades públicas. Este terceiro indicador designando no modelo de análise multicritério por “despesas anuais para as autoridades públicas”, foi apresentado no Domínio D3 relativo à cobertura das infraestruturas viárias urbanas.

O indicador “custos para a comunidade” permite analisar os custos associados à periferia urbana, nomeadamente no que diz respeito à aplicação de portagens e/ou outras taxas associadas às entradas na zona urbana. A aplicação de taxas sobre a mobilidade urbana constitui uma medida dissuasora do uso do transporte privado nas deslocações urbanas, incentivando a procura e o uso de outros modos de transporte alternativos. Esta medida contribui para desobstruir as vias urbanas de veículos, melhorar a circulação e a qualidade do ar da cidade e consequentemente colabora na obtenção de melhores níveis de sustentabilidade urbana.

Refira-se como exemplo a cidade de Londres, onde em 2003 foi implementada uma taxa de congestionamento aplicada à utilização de veículos na zona urbana, designada por *Congestion Charge Zone*. Esta tarifa é aplicada no período de horário laboral, entre as 7:00 e as 18:00, em dias úteis. A taxa diária é de £11,50 (aproximadamente 12,58€) para pagamentos antecipados ou no próprio dia, ou de £14 (aproximadamente 15,32€) para pagamentos efetuados

no dia seguinte à cobrança, de acordo com a informação existente no portal eletrónico *Transport for London*. Considerando que cada ano civil tem cerca de 250 dias úteis, para o valor diário da referida taxa (15,32€) o custo anual é de 3830€.

Em Portugal não existem áreas de tarifação para o congestionamento, mas em setembro de 2014 o “Projeto de Reforma da Fiscalidade Verde”, apresentado por uma Comissão nomeada pelo Ministro do Ambiente de então, recomendou a “Criação de uma taxa de congestionamento e qualidade do ar nas grandes cidades e o aprofundamento da tributação do sistema rodoviário com base na quilometragem percorrida” (EPOMM – Plataforma Europeia para Gestão da Mobilidade)⁵. Atendendo à importância deste indicador para um modelo de mobilidade urbana sustentável, considerou-se ser essencial avaliar a aplicação de taxas associadas à circulação automóvel na zona urbana, no entendimento de que a sua utilização contribui para melhorar a sustentabilidade urbana e quando não utilizada os níveis de sustentabilidade urbana diminuem.

O quadro seguinte apresenta a ficha descritiva do indicador *D4.6.1 Custos para a comunidade*.

| |
|---|
| Nome do indicador: CUSTOS PARA A COMUNIDADE |
| Subdomínio(s) Custos para a mobilidade urbana. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica; Social. |
| Descrição Custos anuais exigidos aos moradores da área urbana, para a sua mobilidade nesta zona (livre de impostos para evitar a duplicação de contas. Custo anual por residente e por passageiro-km. Valores avaliados para o espaço urbano, no global e por modo de transporte (carro, transportes públicos, outros). |
| Unidade(s) de medida Custo por ano (€/ano), por pessoa. |
| Objetivos e metas Do ponto de vista económico, o objetivo é determinar a relação custo-eficiência das viagens dentro da área urbana, por uma análise detalhada do seu custo global por um lado, e do custo por modo de transporte, por outro lado. |
| Fonte(s) de dados Medição direta (Taxas locais para o transporte). Autoridade dos Transportes Públicos Local. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes |

D4.6.2 Custos para os agregados familiares

A relação entre a distância percorrida e as despesas envolvidas, quer ao nível dos rendimentos familiares quer associados ao local de residência, é outro fator identificado por

⁵ Fonte consultada: http://www.epomm.eu/newsletter/v2/content/2015/0415/doc/eupdate_pt.pdf

Nicolas *et al.* (2003). Para os autores, a distância média diária percorrida aborda a organização da mobilidade urbana, enquanto que a sua ligação com as despesas está relacionada com a dimensão social. Como referido acima, Nicolas *et al.* (2003) particularizaram indicadores para tratar as despesas dos intervenientes envolvidos na mobilidade urbana, além da comunidade em geral, os quais se referem aos custos associados à mobilidade urbana para os agregados familiares e para as empresas. No Anexo A apresenta-se a descrição do indicador de desenvolvimento sustentável relativo aos custos para os agregados familiares.

Segundo o estudo apresentado por Nicolas *et al.* (2003), do ponto de vista da dimensão social é identificado outro indicador designado por “Despesas para a mobilidade urbana”, respeitante às despesas das famílias para a mobilidade urbana, com objetivos semelhantes ao indicador “Custos para os agregados familiares”. No entanto, este indicador foi desenvolvido com base na classificação das famílias em três grupos de rendimento (baixo, médio e alto), de forma a relacionar cada grupo de rendimento com as respetivas despesas e analisar qual a fração do rendimento familiar que é disponibilizado para a mobilidade urbana. Este indicador é discutido de acordo com diferentes itens, especificamente no que se refere aos gastos associados ao transporte privado e ao transporte público. Relativamente ao transporte privado, são considerados os custos fixos e os custos variáveis associados ao uso do carro (Nicolas *et al.*, 2003). Os custos fixos foram estimados a partir de inquéritos ao consumo familiar e também de dados fornecidos por empresas da indústria automóvel, nomeadamente o valor de venda, reparação, manutenção, segurança e taxas rodoviárias para diferentes categorias de rendimento, por unidade de consumo×nível de motorização. Os custos variáveis foram estimados de acordo com as despesas em combustível atendendo à quilometragem realizada, e o tempo de estacionamento diário com base no número de viagens em que o condutor de um carro usa de estacionamento pago. Foi ainda estimado um valor para os custos de estacionamento em função do local de residência e o número de carros pertencentes a cada agregado familiar. No Anexo A apresenta-se a ficha com a descrição do indicador “Despesas para a mobilidade urbana”, definido em Nicolas *et al.* (2003) segundo o ponto de vista da dimensão social.

Os indicadores “Custos para os agregados familiares” e “Despesas para a mobilidade urbana” (Nicolas *et al.*, 2003) abordam os gastos das famílias para a mobilidade urbana. Apesar dos autores os associarem a dimensões de sustentabilidade diferentes, económica para um e social para outro, têm objetivos semelhantes, usando da mesma origem de dados. Por conseguinte, considerou-se a sua junção de modo a criar um único indicador para integrar o modelo de análise multicritério, o qual se designou por “Custos para os agregados familiares” e se associa às dimensões de sustentabilidade social e económica. No entanto, apesar de sob o

ponto de vista social o indicador ser tratado de acordo com o nível do rendimento familiar, considerou-se não ser relevante distinguir esta perspetiva, uma vez que não faz parte dos objetivos do trabalho apresentado nesta Tese estudar socialmente o comportamento dos agregados familiares. Assim, apenas se consideraram estes dados como um todo, sem caracterizar as famílias em níveis sociais em função do respetivo rendimento. Contudo, é compreensível que o tamanho e a estrutura familiar possam influenciar as atividades e as viagens necessárias, assim como as distâncias cobertas diariamente. O quadro seguinte apresenta o indicador de desenvolvimento sustentável resultante.

| |
|---|
| Nome do indicador: CUSTOS PARA OS AGREGADOS FAMILIARES |
| Subdomínio(s) Custos para a mobilidade urbana. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica; Social. |
| Descrição Despesa média anual por pessoa para a mobilidade urbana. Montante despendido para o transporte privado/público; para custos fixos/variáveis do carro; percentagem do rendimento médio das famílias. Despesas em combustível, com base na quilometragem realizada; Despesas para estacionamento diário, com base no número de viagens realizadas com um carro usando estacionamento pago. |
| Unidade(s) de medida Custo por ano (€/ano) por agregado familiar. |
| Objetivos e metas Determinar as despesas anuais das famílias para a mobilidade dentro da área urbana e em função do seu local de residência. |
| Fonte(s) de dados Inquéritos aos agregados familiares + Inquérito nacional ao consumo familiar + Inquérito nacional do transporte de comunicação. Dados estimados por medição direta. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Valores estimados para cada item (carro, transporte público, outro), do ponto de vista económico e social. Se o rendimento tem um papel fundamental, a sua influência ocorre bem antes, na escolha do local de residência, nas possibilidades de motorização (especialmente bi-motorização) e no tipo de carro usado. A sua influência está também situada a jusante, na despesa ligada à mobilidade urbana. O cálculo deste indicador envolve outros indicadores: rendimento familiar por unidade de consumo, nível de motorização, despesas em transportes públicos, despesas em combustível, tempo de estacionamento diário, estacionamento residencial, custos fixos alocados ao carro para a mobilidade. |

De acordo com o exposto, o indicador “Custos para os agregados familiares” agrupa outros indicadores (Nicolas *et al.*, 2003) como: o rendimento familiar por unidade de consumo, o nível de motorização do automóvel, despesas em transportes públicos, despesas em combustível, tempo de estacionamento diário, estacionamento residencial e custos fixos alocados ao carro para a mobilidade. Tal como referem Nicolas *et al.* (2003), o rendimento familiar tem um papel importante a montante, na escolha do local de residência, nas possibilidades de motorização e no tipo de carro usado. Por outro lado, também influencia a jusante, na verba disponibilizada por cada família para a mobilidade urbana. Segundo a

abordagem apresentada por estes autores, a variável relativa ao rendimento familiar por unidade de consumo (por carro), relaciona o grupo de rendimento do agregado familiar com o número de veículos do qual é detentor. No entanto, como já justificado anteriormente, a análise do nível de rendimento familiar não está no âmbito do estudo aqui apresentado. Quanto ao número de veículos por agregado familiar, a sua identificação é relevante para o cálculo associado a outras variáveis, ou indicadores, relacionados com a mobilidade urbana. Por conseguinte, não se propõe a avaliação do número de veículos por família como indicador independente do modelo de análise multicritério mas, necessário para o cálculo de outros indicadores. Assim, consideraram-se como subindicadores agregados ao indicador *D4.6.2 Custos para os agregados familiares*: despesas em transportes públicos, despesas em combustível e custos fixos alocados ao uso do carro, tempo de estacionamento diário, estacionamento residencial. A Figura 3.15 apresenta o fluxograma relativo ao indicador *D4.6.2* e respetivos subindicadores.

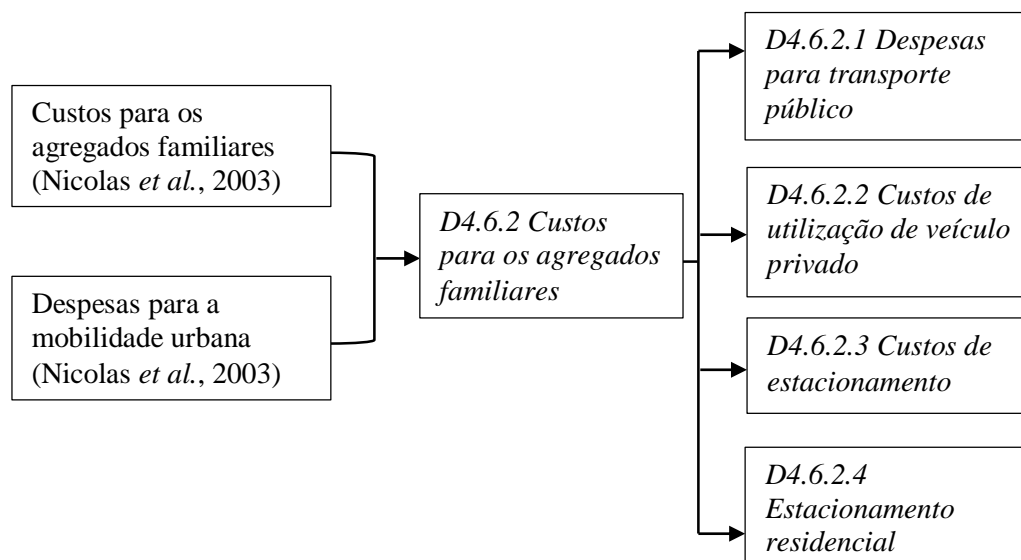


Figura 3.15 – Fluxograma para obter os subindicadores relativos ao indicador *D4.6.2*

Os subindicadores e respetivas fichas descritivas são apresentadas de forma sequencial em seguida.

D4.6.2.1 Despesas para transporte público

Mameli e Marletto (2009) referem os gastos das famílias com o transporte público como um indicador a considerar nas políticas de mobilidade urbana sustentável. O indicador designado por “Despesas das famílias com transporte público” definido por estes autores tem como objetivo a redução dos custos na mobilidade em meios de transporte públicos. A análise deste indicador baseou-se na posição conseguida no *ranking* resultante da avaliação feita por cidadãos, considerando uma escala de 1 a 13, sendo a posição 1 a de maior relevância (Mameli

e Marletto, 2009). Para esta escala este indicador posicionou-se em 8.º lugar. Para melhor elucidar apresenta-se no Anexo A a ficha do referido indicador.

O subindicador “Despesas para transporte público” (Nicolas *et al.*, 2003) e o indicador “Despesas das famílias com transporte público” (Mameli e Marletto, 2009), embora tratados de formas distintas, têm objetivos comuns, que é analisar os gastos dos agregados familiares para o uso dos transportes públicos. Considera-se no entanto que a avaliação quantitativa, sendo mais objetiva, facilita a sua interpretação. Por conseguinte, seguiu-se a estrutura apresentada em Nicolas *et al.* (2003) para integrar esta medida no modelo de análise multicritério e apresentada no quadro abaixo.

| |
|--|
| Nome do subindicador: DESPESAS PARA TRANSPORTE PÚBLICO |
| Subdomínio(s) Custos para a mobilidade urbana. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica; Social. |
| Descrição Despesa média anual por família para transporte público. |
| Unidade(s) de medida Montante (€)/ano/família. |
| Objetivos e metas Calcular o gasto médio anual, por família, no uso de transportes públicos. |
| Fonte(s) de dados Inquéritos aos agregados familiares. Valor estimado com um custo médio unitário de 0,65€/viagem. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Contempla os custos variáveis das famílias. |

D4.6.2.2 Custos de utilização de veículo privado

Os custos de utilização de carro próprio referem-se a todas as despesas associadas ao uso de veículo privado, nomeadamente os custos para combustível e os custos fixos. No Anexo A apresenta-se a ficha descritiva relativa às despesas com combustível, o qual derivou dos custos para os agregados familiares (Nicolas *et al.*, 2003).

Os custos fixos associados ao carro como, o valor da compra, a reparação e manutenção, os seguros e o imposto de circulação, são também dados importantes para a avaliação das despesas associadas ao uso de veículo privado. No Anexo A apresenta-se a respetiva ficha realizada com base na descrição dada por Nicolas *et al.* (2003).

Os gastos familiares com o uso de transporte privado são identificados por Mameli e Marletto (2009) como pertencentes à dimensão económica de sustentabilidade, tendo por objetivo reduzir os custos da mobilidade privada para os agregados familiares. De acordo com os autores, a avaliação deste indicador efetuou-se com base numa escala qualitativa, de 1 a 13 e sendo a posição 1 a de maior relevância, tendo-se posicionado este indicador em 2.º lugar.

Esta posição confirma a importância deste indicador na avaliação da mobilidade urbana. A respetiva ficha descritiva é apresentada no Anexo A.

O indicador “Despesas das famílias para uso de transporte privado” (Mameli e Marletto, 2009) abrange a definição dos subindicadores apresentados anteriormente: “Despesas com combustível”, “Custos de estacionamento”, “Estacionamento residencial” e “Custos fixos do carro”. No entanto, a forma como os dados são tratados e analisados é distinta. Enquanto que Mameli e Marletto (2009) utilizam uma escala qualitativa, Nicolas *et al.* (2003) propõem o cálculo quantitativo do indicador. A análise qualitativa apresentada por Mameli e Marletto (2009) mostra a importância desta medida para os cidadãos. No entanto, considera-se que a análise quantitativa é mais esclarecedora sobre os gastos suportados pelo agregado familiar. Assim, para a definição do subindicador a integrar o modelo de análise multicritério, consideraram-se os custos totais, ou seja, a união dos custos apresentados para uso de carro próprio. Deste modo, o subindicador resultante agrega dados relativos aos custos para combustível e aos custos fixos para uso do carro. O quadro seguinte apresenta a ficha do subindicador resultante, denominado por *D4.6.2.2 Custos de utilização de veículo privado*.

| |
|---|
| Nome do subindicador: CUSTOS DE UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO PRIVADO |
| Subdomínio(s) Custos para a mobilidade urbana. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica; Social. |
| Descrição Despesa média anual por família com combustível e custos fixos do uso de carro próprio (compra, reparação e manutenção, seguros, imposto de circulação). Medida estimada com base na quilometragem total urbana realizada anualmente por cada família e o consumo unitário de combustível dependendo do modelo de carro. |
| Unidade(s) de medida Custos (€) por ano e por família. |
| Objetivos e metas Calcular as despesas variáveis e os custos fixos para uso de carro próprio na mobilidade urbana. |
| Fonte(s) de dados Inquéritos aos agregados familiares + Dados dos fabricantes de automóveis + Inquérito nacional do transporte e do consumo. Valor de combustível estimado a partir da distância total urbana e o consumo unitário de combustível, dependendo do modelo do carro. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003); Mameli e Marletto (2009). |
| Notas importantes Apesar do subindicador incluir as despesas fixas, considera-se que a sua dissociação unicamente para a mobilidade urbana pode constituir uma tarefa difícil de concretizar. Para este caso, propõe-se que o subindicador contemple apenas os custos variáveis das famílias, ou seja, os custos com combustíveis. |

D4.6.2.3 Custos de estacionamento

Considerando que este subindicador se refere aos custos de mobilidade urbana para os agregados familiares, converteu-se a respetiva unidade de medida para custo médio diário para

estacionamento, tendo em conta o custo praticado por hora de estacionamento, em vez do tempo gasto diariamente em estacionamento proposto pelos autores. De seguida apresenta-se a respetiva ficha descritiva.

| |
|--|
| Nome do subindicador: CUSTOS DE ESTACIONAMENTO |
| Subdomínio(s) Custos para a mobilidade urbana. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica; Social. |
| Descrição Tempo médio diário de estacionamento. De notar que o tempo deve ser convertido para o custo relativo a esse mesmo tempo de estacionamento. Esta medida é estimada com base no número de viagens que um condutor faz usando estacionamento pago. |
| Unidade(s) de medida Número de horas por dia*custos por hora de estacionamento na zona urbana. |
| Objetivos e metas Calcular as despesas variáveis associadas ao uso de carro próprio para a mobilidade urbana. |
| Fonte(s) de dados Inquéritos aos agregados familiares. Medição direta. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Contempla os custos variáveis das famílias. A unidade de medida tempo foi convertida para custos para melhor equiparar com os restantes subindicadores que compõem o respetivo indicador, havendo alteração neste sentido relativamente ao definido pelos autores. |

D4.6.2.4 Estacionamento residencial

Os custos associados ao estacionamento no local de residência constituem uma medida de sustentabilidade, dado que a taxa aplicada por cada cidade pode ser um desincentivo ao aumento do número de veículos por agregado familiar. Normalmente, os valores aplicados pelas entidades locais aumentam substancialmente com o número de veículos por agregado familiar, sendo praticados valores menores para o primeiro carro registado. Em consequência, o número de veículos a circular dentro da cidade poderá diminuir. No entanto, maiores taxas representam maiores custos para os agregados familiares. A ficha deste subindicador é apresentada de seguida.

| |
|--|
| Nome do subindicador: ESTACIONAMENTO RESIDENCIAL |
| Subdomínio(s) Custos para a mobilidade urbana. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica; Social. |
| Descrição Custos de estacionamento no local de residência tendo em conta o número de carros por agregado familiar. |
| Unidade(s) de medida Montante despendido anualmente para o estacionamento de cada unidade de consumo (carro) no local de residência. Montante (€)×n.º de carros. |
| Objetivos e metas |

(Continua na página seguinte)

| |
|---|
| Fonte(s) de dados |
| Inquérito nacional ao consumo dos agregados familiares. Estimativas nacionais alteradas pelas estimativas locais por local de residência (centro ou periferia). |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes |
| Este indicador depende da existência de custos associados ao estacionamento no local de residência. O montante pode ser relativo ao gasto anual. |

D4.7.1 Estacionamento público

A taxa de ocupação diária dos lugares de estacionamento público disponíveis na zona urbana pode ser reveladora da entrada de veículos na cidade. De modo a avaliar esta medida definiu-se um indicador a agregar ao Subdomínio *D4.7 Lugares de estacionamento*, tendo por base a descrição apresentada em Nicolas *et al.* (2003). O quadro seguinte apresenta a respetiva descrição.

| |
|--|
| Nome do indicador: ESTACIONAMENTO PÚBLICO |
| Subdomínio(s) |
| Lugares de estacionamento. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável |
| Social; Ambiental. |
| Descrição |
| Tempo médio diário de ocupação por lugar de estacionamento. |
| Unidade(s) de medida |
| Taxa de ocupação diária do estacionamento público. N.º médio de horas ocupadas/24 horas. |
| Objetivos e metas |
| Analisar a ocupação dos lugares de estacionamento disponíveis. |
| Fonte(s) de dados |
| Medição direta ou Inquérito das viagens realizadas pelos agregados familiares. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes |
| Considerar a totalidade de lugares de estacionamento disponíveis na zona urbana. Calcular para os dois períodos (diurno e noturno); diferenciar a ocupação diurna da noturna. Custo por lugar de estacionamento <i>versus</i> tempo de ocupação. |

D4.8.1 Taxas locais

As tarifas locais praticadas pelos transportes públicos representam um fator importante na avaliação da mobilidade urbana, no sentido de poderem ser elementos condicionantes ao uso deste meio de transporte, além da qualidade da oferta dos transportes públicos. Considerando a importância desta medida na análise da mobilidade urbana, sob o ponto de vista da sustentabilidade, selecionou-se um indicador apresentado em Nicolas *et al.* (2003), designado por “Taxas locais”. O quadro seguinte apresenta a respetiva ficha descritiva.

| |
|---|
| Nome do indicador: TAXAS LOCAIS |
| Subdomínio(s) Política de tarifário. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica; Social. |
| Descrição Valor das tarifas praticadas e associadas às viagens em transportes públicos urbanos. |
| Unidade(s) de medida Custos (€) diários. |
| Objetivos e metas Avaliar os tarifários praticados pelos transportes públicos para a mobilidade urbana. |
| Fonte(s) de dados Medição direta + Autoridade de Transporte Públicos Locais. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes |

D4.9.1 Qualidade do ar

A qualidade do ar tem uma relação direta com a qualidade de vida da população, refletindo-se na saúde dos cidadãos, sendo um problema de cariz ambiental, social e económico. Vários autores (Berrini *et al.*, 2003; Mameli e Marletto, 2009; Mega e Pederson, 1998; Nicolas *et al.*, 2003; UN, 2007) identificam este fator, e outros relacionados, como fatores a ter em conta quando se aborda a mobilidade urbana do ponto de vista da sustentabilidade. O número de viagens realizadas diariamente por cada cidadão, as distâncias percorridas, o congestionamento do tráfego automóvel, são agentes que contribuem para o aumento da emissão de poluentes para a atmosfera. Este problema intensifica-se em zonas urbanas com configuração do tipo dispersa. A dispersão das atividades em zonas suburbanas aumenta a distância das viagens, contribuindo para a emissão de poluentes atmosféricos e para a poluição regional e mundial (Nicolas *et al.*, 2003). No entanto, em zonas urbanas dispersas a emissão de poluentes é menos perceptível que no centro da cidade, uma vez que a mesma se dilui por grandes áreas, sendo que os problemas de ocupação de espaço e de poluição regional e global são suscetíveis de aumentar, como resultado do crescimento do tráfego automóvel. A concentração humana e de atividades na cidade levam a um aumento considerável de emissões, ficando esta zona muito mais sensível à poluição local, cujos níveis obtidos se relacionam diretamente com a concentração de tráfego automóvel. Neste raciocínio, identificaram dois indicadores de desenvolvimento sustentável relacionados com a poluição do ar, um dos quais ligado a questões globais e outro ligado a questões locais. O indicador de poluição do ar relacionado com questões globais é descrito pelo consumo anual de energia e emissões de CO₂, no total e por residente, devendo considerar-se para a sua análise o modo de transporte, a distância de viagem e o consumo unitário de combustível de acordo com as características do veículo usado. O indicador relativo a questões

locais é descrito pelos níveis de CO, NO_x, hidrocarbonetos e partículas suspensas, segundo uma análise do valor total e por residente, de acordo com o modo de transporte utilizado, a distância de viagem e o consumo unitário de combustível de acordo com as características do veículo usado. No Anexo A apresentam-se as fichas descritivas dos indicadores identificados em Nicolas *et al.* (2003), relacionados com a questão da poluição do ar.

Mameli e Marletto (2009) consideram que a poluição do ar provocada pela mobilidade urbana é um dos efeitos negativos sobre a habitabilidade urbana, tendo articulado os indicadores segundo três objetivos principais: reduzir os gases com efeito de estufa, reduzir o consumo de solo e resíduos gerados pela mobilidade e reduzir os custos da mobilidade privada e pública. No que diz respeito à poluição atmosférica, consideram os poluentes PM₁₀, compostos orgânicos voláteis não metano (COVNM), óxidos de nitrogénio (NO_x) e monóxido de carbono (CO) como os principais influentes na habitabilidade urbana. As partículas inaláveis PM₁₀ são consideradas um dos mais graves para a saúde pública. Nas cidades, estas partículas têm origem predominante nas emissões do tráfego, de algumas indústrias e da construção civil, podendo também existir ocasionalmente níveis elevados resultantes de eventos naturais com origem em África ou associados a fogos florestais (Quercus, 2004). A redução de gases com “efeito de estufa” gerados pela mobilidade, em particular as emissões de dióxido de carbono (CO₂) provocadas pelos transportes automóveis e também os resíduos gerados pelos transportes, são outros dos objetivos propostos por Mameli e Marletto (2009) na identificação de indicadores de mobilidade urbana sustentável. Apresentam-se no Anexo A as fichas dos indicadores relacionados com a poluição do ar definidos em Mameli e Marletto (2009).

O assunto da poluição do ar segundo a publicação de UN (2007) é estruturado em três grupos principais referentes à qualidade do ar, ao enfraquecimento da camada de ozono e às alterações climáticas. No que diz respeito à qualidade do ar foi identificado um indicador central relativo à concentração de poluentes atmosféricos em áreas urbanas, o qual proporciona uma medida do estado ambiental em termos da qualidade do ar e também uma medida indireta da exposição da população à poluição do ar em áreas urbanas. Relativamente às alterações climáticas foi identificado um indicador central relacionado com as emissões de dióxido de carbono e outro indicador relativo a outros gases responsáveis pelo efeito de estufa. Quanto ao enfraquecimento da camada de ozono foi identificado um indicador respeitante ao consumo de substâncias que provocam este enfraquecimento. No Anexo A encontram-se as fichas que descrevem os indicadores relativos à poluição do ar pesquisados em UN (2007).

A qualidade do ar em ambiente urbano é abordada por Mega e Pederson (1998) segundo o número de dias por ano em que os níveis de emissão de gases definidos por lei são

ultrapassados, na sua medição mais negativa, ou seja não havendo tráfego automóvel. As cidades contribuem, neste sentido, para a alteração do clima global pelo total de gases emitidos (dióxido de carbono - CO₂, gás metano - CH₄, óxido nitroso - N₂O e clorofluorcarbonetos - CFCs), responsáveis pela destruição da camada de ozono. O grau de contribuição de cada gás para o processo do aquecimento global depende da sua concentração na troposfera e da sua capacidade para absorver o calor irradiado pela Terra (Mega e Pederson, 1998). Apresentam-se as fichas dos indicadores referentes à emissão de gases poluentes e à qualidade do ar, definidos em Mega e Pederson (1998) no Anexo A.

As emissões de metano a partir de resíduos relacionados com emissões de CO₂ equivalente são alocadas de acordo com um "princípio de responsabilidade": uma vez o inventário das atividades localizadas na área urbana considerada tenha sido realizado, o normal procedimento requer que as emissões relevantes sejam calculadas, incluindo não apenas as emissões geradas na área, mas também aquelas geradas fora da área, onde quer que estejam, desde que possam ser classificadas dentro das atividades enumeradas (Berrini *et al.*, 2003). No Anexo A apresentam-se as fichas dos indicadores identificados em Berrini *et al.* (2003) no que diz respeito à contribuição local para a alteração do clima global e à qualidade do ar.

Após a análise dos indicadores relativos à poluição do ar, referidos anteriormente, e referenciados pelos autores (Berrini *et al.*, Mameli e Marletto, 2009; Mega e Pederson, 1998; 2003; Nicolas *et al.*, 2003; UN, 2007) evidenciam-se três grupos nos quais se podem inserir estes indicadores: qualidade do ar, emissão de gases poluentes com efeito de estufa e resíduos gerados pelos transportes. Neste contexto, considera-se importante agregar os indicadores respeitantes ao mesmo grupo de forma a melhor serem integrados no modelo de análise multicritério. Nesta sequência, foram criados com base nas descrições apresentadas, três indicadores de desenvolvimento sustentável relativos à qualidade do ar (Berrini *et al.*, 2003; Mega e Pederson, 1998; UN, 2007), emissão de gases poluentes (Berrini *et al.*, 2003; Mameli e Marletto, 2009; Mega e Pederson, 1998; Nicolas *et al.*, 2003; UN, 2007) e resíduos gerados pelos transportes (Mameli e Marletto, 2009).

A qualidade do ar deve ser analisada tal como definido pela Diretiva Quadro Comunitária sobre a Qualidade do Ar Ambiente (96/62/EC) (UE, 1996) revista pela Diretiva 2008/50/CE de 21 de maio do Parlamento Europeu e do Conselho (UE, 2008) e consequentes diretivas, de forma a evitar, prevenir ou reduzir as repercussões negativas na saúde das pessoas e do ambiente como um todo. A Figura 3.16 mostra a agregação dos indicadores referentes à qualidade do ar.

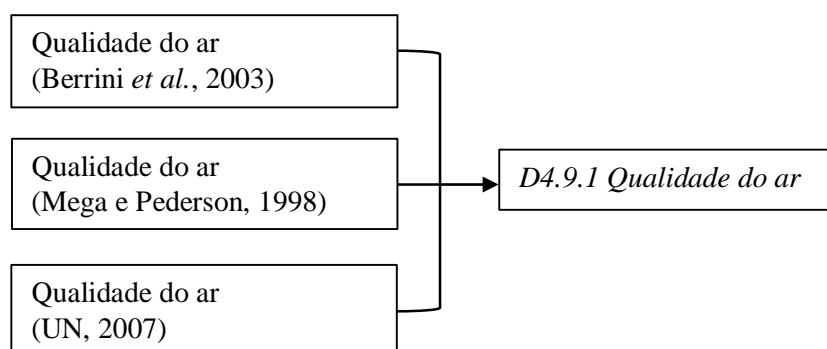


Figura 3.16 – Fluxograma para obter o indicador D4.9.1 Qualidade do ar

O quadro seguinte apresenta o indicador equivalente, resultante da agregação e a integrar o modelo de análise multicritério designado por *D4.9.1 Qualidade do ar*.

| |
|---|
| Nome do indicador: QUALIDADE DO AR |
| Subdomínio(s) Controlo dos impactos no meio ambiente. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Social; Económico. |
| Descrição Número de dias por ano em que os níveis definidos por lei são ultrapassados, na sua medição mais negativa. O indicador proporciona uma medida do estado do ambiente, em termos da qualidade do ar e é uma medida indireta da exposição da população à poluição do ar, de preocupação com a saúde nas áreas urbanas. Analisa a qualidade do ar, tal como definido pela Diretiva Quadro Comunitária sobre a Qualidade do Ar Ambiente (96/62/EC), revista pela Diretiva 2008/50/CE, e consequentes diretivas, de forma a evitar, prevenir ou reduzir as repercussões negativas na saúde das pessoas e do ambiente. |
| Unidade(s) de medida Dias ou horas por ano em que os valores limite legais são ultrapassados. Número de vezes que o valor limite definido por lei é excedido na zona urbana para os poluentes do ar: dióxido de sulfúreo (SO ₂), dióxido de nitrogénio (NO ₂), partículas em suspensão (PM ₁₀), monóxido de carbono (CO) e ozono (O ₃). |
| Objetivos e metas Melhorar a qualidade do ar é um aspeto importante para promover grupos humanos sustentáveis. Diminuir a descarga de gases com efeito de estufa. Avaliar o número de vezes em que os valores limites da emissão de poluentes atmosféricos definidos por lei são ultrapassados. |
| Fonte(s) de dados Recolha de dados por entrevista (inquérito) ou publicados em relatórios da especialidade. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> (2003); Mega e Pederson (1998); UN (2007). |
| Notas importantes <i>Headline Indicator:</i> o n.º de vezes que o limite de PM10 permitido pela diretiva é excedido. Por "n.º de vezes em que o limite é excedido" entende-se o n.º de vezes que o valor limite é excedido para cada poluente selecionado, menos o n.º de vezes permitido pelas diretivas derivadas da Diretiva 96/62/EC revista por 2008/50/CE. Este n.º é calculado de acordo um período de referência estabelecido pela diretiva: diariamente, 8 horas e de hora a hora de acordo com os diferentes parâmetros. |

D4.9.2 Emissão de gases poluentes

Outro indicador resultante da pesquisa bibliográfica apresentada diz respeito à emissão de gases poluentes. Este indicador, a integrar o modelo de análise multicritério, resultou da agregação dos vários indicadores de desenvolvimento sustentável selecionados da pesquisa bibliográfica referida, conforme se apresenta no fluxograma da Figura 3.17.

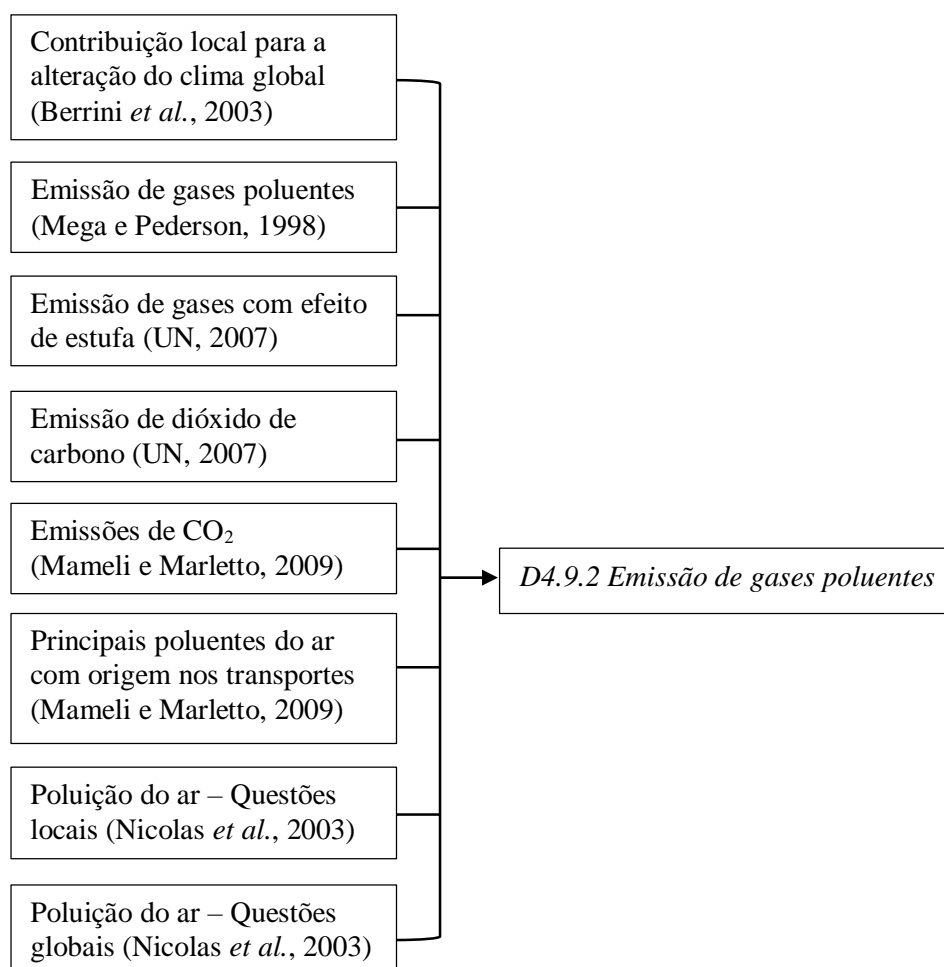


Figura 3.17 – Fluxograma para obter o indicador D4.9.2 Emissão de gases poluentes

De seguida apresenta-se o quadro respeitante à ficha descritiva do indicador resultante.

| |
|--|
| Nome do indicador: EMISSÃO DE GASES POLUENTES |
| Subdomínio(s) Controlo de impactos no meio ambiente. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Social. |
| Descrição Consumo anual de energia e emissões de CO ₂ (total e por residente). Análise ao nível global, por modo de transporte, por zona de emissão e por local de residência. Níveis de CO, NO _x , hidrocarbonetos e partículas (em g/m ² , valor total e por residente). Análise ao nível total, por modo de transporte, por zona de emissão e por local de residência. Relacionado com a habitabilidade urbana. Principais poluentes considerados: PM ₁₀ , COVNM, NO _x , CO. Emissões de CO ₂ gerado pelos transportes. Este indicador mede as emissões de dióxido de carbono (CO ₂), que é conhecido por ser o mais importante, em termos de impacto sobre o aquecimento global, gás antropogénico com efeito de estufa. Para além das emissões totais, podem ser consideradas as emissões de CO ₂ setoriais. Os setores típicos, para os quais são estimadas as emissões/remoções de CO ₂ são a energia, processos industriais, agricultura, resíduos, uso do solo e mudança do uso do solo e florestas. Este indicador mede os seis principais GHGs que têm impacto direto sobre as alterações climáticas, menor remoção dos principais gases de efeito de estufa através do isolamento do CO ₂ , como resultado da mudança do uso do solo e das atividades florestais. Emissões antropogénicas, menos remoção por sumidouros, dos principais gases com efeito de estufa (CHGs) dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido de nitrato (N ₂ O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF ₆). Contribuição das cidades para a alteração do clima global. Total de gases emitidos CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O e CFCs. |

(Continua na página seguinte)

O potencial perigo dos gases com efeito de estufa na troposfera é tomado para pesar os componentes constituintes. O grau para o qual cada gás contribui para o processo do aquecimento global depende da sua concentração na troposfera e da sua capacidade para absorver o calor irradiado pela Terra. Toneladas anuais de emissão de CO₂ equivalente relativa a emissões antropogénicas de dióxido de carbono diferenciado pelos setores residencial, indústria, terciário e transporte - e vetor de energia; e emissões de metano a partir de resíduos relacionados em termos de emissões de CO₂ equivalente.

Unidade(s) de medida

Emissões anuais: g/m² por área total e por residente.

Clima Global equivalente (Gceq) = total de gases com efeito de estufa (CO₂, CH₄, N₂O e CFCs).

Objetivos e metas

Reduzir os poluentes do ar gerados pela mobilidade urbana e medir o impacto direto sobre as alterações climáticas dos principais gases com efeito de estufa. O método de cálculo tem particular importância neste caso, dado que o objetivo não é apenas quantificar as emissões, mas também as fontes de emissão (setores e vetores) de CO₂.

Fonte(s) de dados

Procedimento participativo para selecionar o desempenho dos indicadores das políticas de mobilidade urbana sustentável. Entrevistas (inquérito) aos agregados familiares relativo ao consumo de combustível. Medição direta.

Fonte(s) Bibliográfica(s)

Berrini *et al.* (2003); Mameli e Marletto (2009); Mega e Pederson (1998); Nicolas *et al.* (2003); UN (2007).

Notas importantes

Valores estimados com base no modo de transporte utilizado, distância de viagem e o consumo unitário de combustível de acordo com as características do veículo usado (carro - por cavalos de potência, idade, tipo combustível utilizado; moto de 2 rodas: <50cm³, >=50cm³; ou transporte público urbano). A expressão da densidade de população em cada uma das zonas permite a comparação dos resultados entre as diferentes conurbações de forma mais fácil. As emissões de CH₄, N₂O, HFCs e SF₆ podem ser convertidas em equivalentes de CO₂, utilizando os chamados potenciais de aquecimento global (GWPs) previstos na avaliação do Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas. O alvo deve ser fixado como uma composição das metas para as emissões de cada um dos gases com efeito de estufa. As emissões são alocadas de acordo com o "princípio de responsabilidade": desde que o inventário das atividades localizadas na área urbana considerada tenha sido realizado, requer procedimentos normais para as emissões relevantes calculadas, incluindo não apenas as emissões geradas na área, mas também as geradas fora da área, se existirem, desde que possam ser classificadas dentro das atividades listadas.

D4.9.3 Resíduos gerados pelos transportes

Os resíduos gerados pelos transportes constituem outra dimensão a equacionar na análise da mobilidade sustentável, especialmente no âmbito ambiental. Tal como já referido anteriormente, Mameli e Marletto (2009) apresentam um indicador de desenvolvimento sustentável que avalia esta variável e que tem por objetivo reduzir os resíduos gerados pelos transportes. O quadro seguinte apresenta a respetiva descrição deste indicador.

| |
|---|
| Nome do indicador: RESÍDUOS GERADOS PELOS TRANSPORTES |
| Subdomínio(s) Controlo dos impactos no meio ambiente. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Resíduos dos transportes. |
| Unidade(s) de medida Qualitativo. |
| Objetivos e metas Reduzir os resíduos gerados pela mobilidade urbana. |

(Continua na página seguinte)

| |
|---|
| Fonte(s) de dados |
| Procedimento participativo para selecionar o desempenho dos indicadores das políticas de mobilidade urbana sustentável. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Mameli e Marletto (2009). |
| Notas importantes |
| Através do levantamento nacional sobre a mobilidade de passageiros, uma amostra representativa de população (com idades entre os 18 e os 80 anos) foi convidada a avaliar tanto as dimensões de sustentabilidade como os indicadores (os seus objetivos específicos). As respostas qualitativas foram transformadas em <i>scores</i> , gerando dois <i>rankings</i> . Um das avaliações qualitativas que foram transformados em pontuações (<i>scores</i>) da seguinte forma: 1= útil, mas não urgente; 2= relevante, mas não prioritário; 4= prioritário. Esta avaliação foi feita para as dimensões de sustentabilidade (ambiental, social - habitabilidade, económica, social - acessibilidade). A outra avaliação também qualitativa serviu para avaliar os objetivos relacionados com os indicadores, considerando uma escala de 1 a 13, sendo 1= mais relevante. Foram ainda selecionados um conjunto relevante de <i>stakeholders</i> seguindo as seguintes categorias: instituições nacionais e locais; associações de consumidores/utilizadores, ambientalistas, trabalhadores e empresas, partidos políticos. Foi-lhes pedido para pesarem individualmente as dimensões mencionadas de forma a ser calculada a média individual destes <i>scores</i> . Cada dimensão foi marcada individualmente pelos <i>stakeholders</i> (1 a 100); cada um destes <i>scores</i> foi transformado em valores relativos dividindo-o pela soma dos <i>scores</i> atribuído por cada um dos <i>stakeholder</i> . O <i>score</i> médio foi então calculado através destes valores relativos para cada dimensão. |

D4.9.4 Ruído urbano

Tal como a poluição do ar influencia o bem-estar da população, também os níveis de ruído afetam a saúde dos cidadãos, pelo que faz todo o sentido a integração de indicadores respeitantes aos níveis de ruído no modelo de análise multicritério para a avaliação da sustentabilidade urbana. De acordo com a Diretiva Europeia (2002/49/CE) (UE, 2002) é necessário estabelecer métodos comuns de avaliação do ruído ambiente e uma definição dos valores limite de ruído, em termos de indicadores, para a determinação dos níveis de ruído. Os indicadores de ruído destinam-se a avaliar o incómodo causado durante o dia, cujo valor limite é designado por L_{den} , e as perturbações do sono durante a noite, cujo valor limite é designado por L_{night} . Os valores limite podem ser diferentes em função dos diversos tipos de ruído (tráfego rodoviário, ferroviário ou aéreo, ruído industrial, etc.), das imediações e do grau de sensibilidade da população ao ruído. Foram pesquisados indicadores de desenvolvimento sustentável deste âmbito (Berrini *et al.*, 2003; Mameli e Marletto, 2009; Mega e Pederson, 1998; Nicolas *et al.*, 2003) com o intuito de avaliar os efeitos do ruído sobre a população. No anexo A apresentam-se as fichas dos indicadores relativos ao ruído e poluição sonora apresentados pelos vários autores. Em ambiente urbano a grande fonte de ruído provém da mobilidade urbana, pelo que estes indicadores se agregam ao Domínio D4 no modelo. Pela análise dos indicadores descritos em Berrini *et al.* (2003), Mameli e Marletto (2009), Mega e Pederson (1998) e Nicolas *et al.* (2003), conclui-se que todos se apresentam com descrições semelhantes e o principal objetivo é medir a percentagem de população afetada pela intensidade de ruído, pelo que se considerou pertinente a sua agregação de forma a criar apenas um indicador. Dado

que se pretende analisar os níveis de ruído em ambiente urbano, considerou-se para o respetivo cálculo o ruído resultante do tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo. Deixou-se assim de considerar o ruído resultante da atividade industrial, por se julgar de pouca importância dado que em zonas urbanas a implementação de indústrias ruidosas deve ser regulamentada e restrita. A Figura 3.18 mostra o fluxograma da agregação dos indicadores pesquisados.

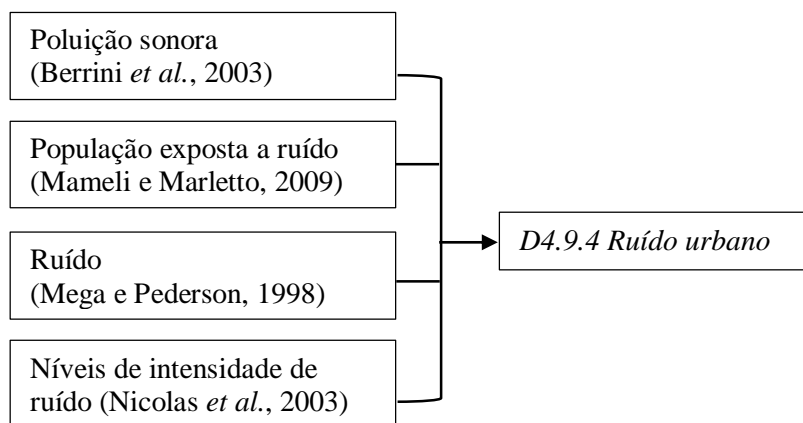


Figura 3.18 – Fluxograma para obter o indicador D4.9.4 Ruído urbano

O quadro seguinte apresenta a ficha do indicador resultante da agregação.

| |
|---|
| Nome do indicador: RUÍDO URBANO |
| Subdomínio(s) Controlo dos impactos no meio ambiente. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Social. |
| Descrição O indicador analisa a poluição sonora a nível local, de acordo com o definido pela Diretiva Europeia (2002/49/EC). Percentagem de população exposta a ruídos prejudiciais gerados pela mobilidade e que afeta a habitabilidade. |
| Unidade(s) de medida Percentagem de população urbana que vive exposta a níveis de ruído, no que se refere a cada uma das bandas de valores L_{den} e L_{night} . |
| Objetivos e metas Melhorar o ambiente local pela redução do ruído. |
| Fonte(s) de dados Entrevistas (inquéritos) às entidades locais. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> (2003); Mameli e Marletto (2009); Mega e Pederson (1998); Nicolas <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Ruído resultante do tráfego aéreo, rodoviário e ferroviário. São considerados os seguintes itens para o cálculo deste indicador: o n.º estimado de pessoas que vivem em habitações expostas a cada uma das seguintes bandas de valores: L_{den} em dB(A): 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 separadamente para ruído da estrada, da linha férrea e do tráfego aéreo; o n.º total estimado de pessoas que vivem em habitações expostas a cada uma das seguintes bandas de valores: L_{night} em dB(A): 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 separadamente para ruído da estrada, da linha férrea e do tráfego aéreo; a proporção de medições correspondentes a cada uma das bandas de valores mencionados de L_{den} e L_{night} e o n.º total de medições efetuadas; existência e os valores correspondentes à implementação percentual para cada medida/ação identificadas num plano/programa de ação. <i>Headline Indicator</i> : percentagem de população exposta a níveis de ruído durante a noite superior a 55 dB (A). As queixas registadas são uma indicação da gravidade do problema. No que diz respeito ao ruído, o número de dias por ano em que as medições excedem as normas é também uma boa indicação e pode servir como um indicador alternativo. |

D4.10.1 Deslocações pedonais e de bicicleta

A utilização de meios de transporte em modos suaves, especialmente aplicados à mobilidade urbana, reduz o uso de veículos motorizados e contribui para melhorar a acessibilidade e a qualidade do meio ambiente. O comprimento das faixas pedonais e das ciclovias é uma indicação útil das políticas das cidades para promover menor mobilidade insustentável (Mega e Pederson, 1998). Para tratar esta questão e ser integrada no modelo de análise multicritério, foi realizada pesquisa bibliográfica de forma a encontrar indicadores. Da pesquisa efetuada foram identificados dois indicadores descritos em Mameli e Marletto (2009) e Mega e Pederson (1998).

O indicador descrito em Mega e Pederson (1998), designado originalmente por “Indicador de mobilidade urbana ou Indicador de transporte limpo”, identifica como valores de medida: o número total de viagens por carro privado (e o seu comprimento) e o número de viagens (e o seu comprimento) para deslocação e necessidades básicas/habitante/ano; a Mobilidade Urbana Equivalente (UMeq) cujo valor é calculado pelo número total de passageiros/km para meios de transporte “não amigos do ambiente” (carro privado), por habitante e por ano, podendo ser usado o número de viagens se não for possível estimar o número de passageiros/km; a Mobilidade Urbana Equivalente Forçada (EUMeq) dada pelo número total de passageiro/km (a pé e de bicicleta), o número de passageiro/km por transporte público, por habitante e por necessidades básicas, em cada ano. Uma vez que se pretende analisar o uso de meios de transporte não poluentes, apenas serão tidos em conta as medidas que dizem respeito a este tipo de deslocação urbana, ou seja, a Mobilidade Urbana Equivalente Forçada (Mega e Pederson, 1998), dado que as restantes têm em conta meios de transporte motorizados (carro privado). Neste sentido, foi seguida a indicação dada por estes autores para criar um indicador que siga a definição do indicador de mobilidade urbana forçada (EUMeq), particularmente para deslocações na cidade por modos suaves. Apresentam-se no Anexo A as fichas com a descrição dos indicadores pesquisados relacionados com este tipo de mobilidade urbana.

Os indicadores “Transporte limpo” (Mega e Pederson, 1998) e “*Walkability and cyclability*” (Mameli e Marletto, 2009) têm objetivos comuns, pelo que foram associados para criar um indicador equivalente, designado por “Deslocações pedonais e de bicicleta”. Pretende-se com este indicador avaliar a utilização de transportes não motorizados para as deslocações em meio urbano. A Figura 3.19 apresenta o fluxograma desta operação.

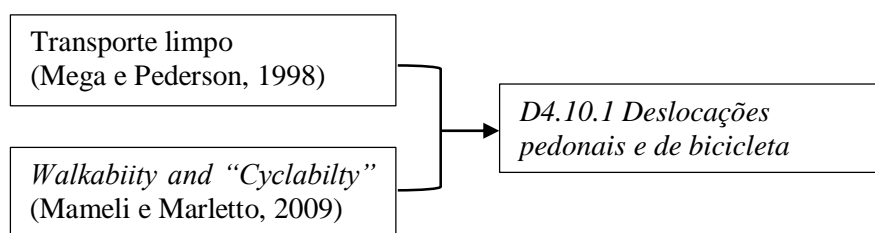


Figura 3.19 – Fluxograma para obter o indicador *D4.10.1 Deslocações pedonais e de bicicleta*

Para a análise deste indicador apenas se inclui a mobilidade pedonal e por bicicleta, por serem meios livres da emissão de poluentes e consequentemente do consumo de recursos naturais. Não se incluem outros tipos de transporte, como carros elétricos, que embora sejam designados por amigos do ambiente, ainda assim emitem alguma poluição e/ou consomem recursos naturais. O quadro seguinte apresenta o novo indicador criado de acordo com a Figura 3.19.

| Nome do indicador: DESLOCAÇÕES PEDONAIS E DE BICICLETA |
|---|
| Subdomínio(s) Meios de transporte não poluentes. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Social. |
| Descrição Utilização de meios de transporte amigos do ambiente, aplicados à mobilidade urbana definida como a mobilidade para as deslocações e necessidades básicas. Caminhar e andar de bicicleta. |
| Unidade(s) de medida Umeq forçado (EUmeq) = n.º total de passageiro/km (a pé e de bicicleta), por habitante e por necessidades básicas em cada ano. Esta medida pode ser convertida para percentagem de população que usa estes meios de deslocação. |
| Objetivos e metas Reduzir o uso desnecessário de veículos motorizados e melhorar a acessibilidade. Facilitar a mobilidade urbana não motorizada. |
| Fonte(s) de dados Inquéritos. |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Mameli e Marletto (2009); Mega e Pederson (1998). |
| Notas importantes O aumento/diminuição do comprimento de zonas pedonais e de ciclovias é também uma indicação útil das políticas da cidade para promover a diminuição da mobilidade não sustentável. |

D4.11.1 Consumo de combustível

Os níveis de consumo de energia usados para a mobilidade urbana refletem-se na quantidade de emissões de CO₂, contribuem para o esgotamento dos recursos naturais, para a poluição do ar e consequentemente para as alterações climáticas. Constituindo uma fonte de consumo dos recursos naturais e de emissão de gases para a atmosfera, considera-se relevante a sua análise, particularmente no que respeita ao consumo de energia pelos sistemas de transporte e mobilidade. O transporte é um dos grandes consumidores de energia (UN, 2007), principalmente na forma de derivados de petróleo, sendo o principal responsável pela procura

de petróleo. A redução da intensidade energética nos transportes pode reduzir os impactos ambientais deste setor, mantendo os seus benefícios económicos e sociais. Neste contexto, foram pesquisados indicadores respeitantes ao consumo de energia. Em Mega e Pederson (1998) descreve-se um indicador designado por “Consumo de energia” que representa a quantidade total de energia consumida por ano e por habitante. No Anexo A apresenta-se a respetiva ficha. Dos indicadores descritos em UN (2007) relativos ao consumo de energia, consideraram-se dois que melhor se identificam com o consumo de energia por parte dos transportes. As fichas dos indicadores pesquisados em UN (2007) são apresentadas no Anexo A.

Considerando a análise sob o ponto de vista dos transportes, os três indicadores descritos e relativos ao consumo de energia, abordam esta temática de forma análoga. Por conseguinte, realizou-se a respetiva junção de modo a criar um indicador equivalente a integrar o modelo de análise multicritério. A Figura 3.20 mostra o respetivo fluxograma, tendo-se designado o indicador resultante por *D4.11.1 Consumo de combustível*.

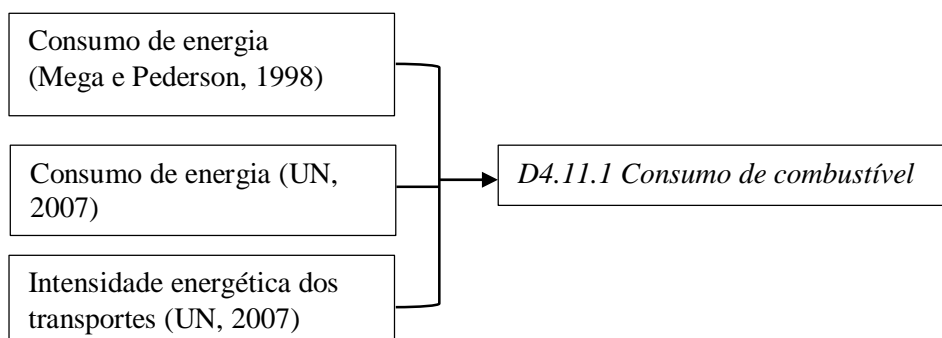


Figura 3.20 – Fluxograma para obter o indicador *D4.11.1 Consumo de combustível*

No quadro seguinte apresenta-se a ficha descritiva do indicador criado.

| |
|---|
| Nome do indicador: CONSUMO DE COMBUSTÍVEL |
| Subdomínio(s) Consumo de recursos naturais. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Social; Económica. |
| Descrição Combustível utilizado por unidade de quilómetro percorrido e por unidade de passageiro transportado /km por modo de transporte. O indicador mede a quantidade de energia utilizada para deslocar as pessoas e bens. |
| Unidade(s) de medida Energia equivalente (Eeq) é expressa em toneladas equivalente de petróleo, por habitante, por ano. Estes dados consideram apenas a energia para transporte. |
| Objetivos e metas Medir o combustível utilizado para transporte de bens e passageiros. |
| Fonte(s) de dados |

(Continua na página seguinte)

Fonte(s) Bibliográfica(s)

Mega e Pederson, 1998; UN, 2007.

Notas importantes

O consumo de energia reflete a quantidade de emissões de CO₂. O transporte é um grande consumidor de energia, principalmente na forma de derivados de petróleo, o que torna o transporte o mais importante condutor por trás do crescimento da procura de petróleo. O consumo de energia para o transporte contribui para o esgotamento dos recursos naturais, a poluição do ar e as alterações climáticas. A redução da intensidade energética nos transportes pode reduzir os impactos ambientais deste setor, mantendo os seus benefícios económicos e sociais. A energia é um fator chave no desenvolvimento económico e na prestação de serviços vitais que melhoram a qualidade de vida. Embora a energia seja um requisito chave para o progresso económico, a sua produção, uso e subprodutos resultam em grandes pressões sobre o meio ambiente, quer pelo esgotamento dos recursos quer criando poluição.

D4.12.1 Acessibilidade à informação

A promoção da informação respeitante ao serviço dos transportes públicos urbanos, nomeadamente os conteúdos, a legibilidade e a facilidade com que o cidadão consegue aceder, podem ser elementos a considerar para a preferência por este meio de transporte. O meio com que a população pode acorrer à informação, como horários, rede de cobertura de determinada carreira, etc., é imprescindível para cativar os utentes. Por outro lado, aceder à informação sem que o utente se tenha de deslocar, é outra forma de incentivar ao uso dos transportes públicos. Neste entendimento, identificou-se em Mameli e Marletto (2009) um indicador de desenvolvimento sustentável, designado por “Acessibilidade à informação” cujo objetivo é aumentar as alternativas para a mobilidade urbana, tornando os serviços públicos e privados acessíveis via telefone e por internet, nomeadamente plataformas informáticas. Embora originalmente este indicador esteja definido para o âmbito nacional, de modo a enquadrar-se no objetivo do modelo de análise multicritério foi adaptado para o contexto da cidade. Neste sentido, propõe-se que sejam realizados inquéritos à população de modo a avaliar o nível de satisfação dos cidadãos com a informação disponível. Consequentemente, poder-se-á considerar como unidade de medida a percentagem de população satisfeita com a informação disponível. O quadro seguinte apresenta a respetiva descrição apresentada em Mameli e Marletto (2009).

| |
|--|
| Nome do indicador: ACESSIBILIDADE À INFORMAÇÃO |
| Subdomínio(s) Apoio ao cidadão. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Social. |
| Descrição Serviços públicos e privados acessíveis via telefone e por computador. |
| Unidade(s) de medida Qualitativo. |
| Objetivos e metas Aumentar as alternativas para a mobilidade urbana. |

(Continua na página seguinte)

| |
|---|
| Fonte(s) de dados |
| Levantamento nacional sobre a mobilidade de passageiros. Uma amostra representativa de população (com idades entre os 18 e os 80 anos) foi convidada a avaliar tanto as dimensões de sustentabilidade como os indicadores (os seus objetivos específicos). |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| Mameli e Marletto (2009). |
| Notas importantes |
| As respostas qualitativas foram transformadas em <i>scores</i> , gerando dois <i>rankings</i> . Um das avaliações qualitativas foram transformadas em pontuações (<i>scores</i>) da seguinte forma: 1= útil, mas não urgente; 2= relevante, mas não prioritário; 4= prioritário. Esta avaliação foi feita para as dimensões de sustentabilidade (ambiental, social – habitabilidade, económica, social – acessibilidade). A outra avaliação também qualitativa serviu para avaliar os objetivos relacionados com os indicadores, considerando uma escala de 1 a 13, sendo 1= mais relevante. Foram ainda selecionados um conjunto relevante de <i>stakeholders</i> seguindo as seguintes categorias: instituições nacionais e locais; associações de consumidores/utilizadores, ambientalistas, trabalhadores e empresas, partidos políticos. Foi-lhes pedido para pesarem individualmente as dimensões mencionadas de forma a ser calculada a média individual destes <i>scores</i> . Cada dimensão foi marcada individualmente pelos <i>stakeholders</i> (1 a 100); cada um destes <i>scores</i> foi transformado em valores relativos dividindo-o pela soma dos <i>scores</i> atribuído por cada um dos <i>stakeholder</i> . O <i>score</i> médio foi então calculado através destes valores relativos para cada dimensão. |

4.13.1 Quantidade e qualidade do transporte público

Outro fator importante que pode influenciar a opção pelo transporte público prende-se com a quantidade de horários disponíveis e também com a qualidade dos transportes públicos. Para avaliar estas medidas selecionou-se um indicador de mobilidade urbana sustentável, identificado em Mameli e Marletto (2009) e designado por “Quantidade e qualidade do transporte público”.

Dado que originalmente este indicador está definido para a conjuntura nacional, à semelhança do indicador anterior, foi necessário fazer a sua adaptação para uma escala local, ao nível da cidade, de modo a integrar o modelo de análise multicritério. Assim, propõe-se que a recolha dos dados necessários para a respetiva análise seja realizada com inquéritos aos moradores da cidade em estudo, de modo a aferir o nível de satisfação dos cidadãos com o serviço prestado pelos transportes públicos. Consequentemente, poder-se-á considerar como unidade de medida a percentagem de população satisfeita com o serviço de transporte público, apesar dos autores indicarem uma medida qualitativa para a avaliação deste indicador.

O quadro seguinte apresenta o indicador pesquisado e a integrar no modelo.

| |
|---|
| Nome do indicador: QUANTIDADE E QUALIDADE DO TRANSPORTE PÚBLICO |
| Subdomínio(s) |
| Disponibilidade e qualidade do transporte público. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável |
| Social. |
| Descrição |
| Cobertura e qualidade na oferta de transportes públicos. |
| Unidade(s) de medida |
| Qualitativo (proposto pelos autores). No entanto, sugere-se como alternativa a percentagem de população satisfeita com os transportes públicos. |

(Continua na página seguinte)

Objetivos e metas

Facilitar o transporte público.

Fonte(s) de dados

Levantamento nacional sobre a mobilidade de passageiros. Uma amostra representativa de população (com idades entre os 18 e os 80 anos) foi convidada a avaliar tanto as dimensões de sustentabilidade como os indicadores (os seus objetivos específicos).

Fonte(s) Bibliográfica(s)

Mameli e Marletto (2009).

Notas importantes

As respostas qualitativas foram transformadas em *scores*, gerando dois *rankings*. Um das avaliações qualitativas foram transformadas em pontuações (*scores*) da seguinte forma: 1= útil, mas não urgente; 2= relevante, mas não prioritário; 4= prioritário. Esta avaliação foi feita para as dimensões de sustentabilidade (ambiental, social - habitabilidade, económica, social - acessibilidade). A outra avaliação (*ranking*) também qualitativa serviu para avaliar os objetivos relacionados com os indicadores, considerando uma escala de 1 a 13, sendo 1= mais relevante. Foram ainda selecionados um conjunto relevante de *stakeholders* seguindo as seguintes categorias: instituições nacionais e locais; associações de consumidores/utilizadores, ambientalistas, trabalhadores e empresas, partidos políticos. Foi-lhes pedido para pesarem individualmente as dimensões mencionadas de forma a ser calculada a média individual destes *scores*. Cada dimensão foi marcada individualmente pelos *stakeholders* (1 a 100); cada um destes *scores* foi transformado em valores relativos dividindo-o pela soma dos *scores* atribuído por cada um dos *stakeholder*. O *score* médio foi então calculado através destes valores relativos para cada dimensão.

D5 Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis

De acordo com Marcelino *et al.* (2007), ao longo das três últimas décadas tem-se registado um acentuado incremento na criação de áreas protegidas no território continental, tanto em número como em superfície. A Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) ocupa cerca de 667027ha terrestres e as áreas classificadas como Zonas de Proteção Especial (ZPE) abrangem uma superfície total terrestre de 1820978ha, que corresponde a cerca de 20,5% do território de Portugal Continental. No conjunto, as áreas terrestres classificadas ao abrigo das Diretivas Aves e Habitats e a Rede Nacional de Áreas Protegidas correspondem aproximadamente a 21,3% da superfície do território continental português.

No que respeita ao ordenamento e gestão do território das áreas classificadas no âmbito da Rede Natura 2000 que coincidem com os territórios da RNAP, são aplicáveis os Planos Especiais de Ordenamento destas Áreas Protegidas. Em áreas não abrangidas por Áreas Protegidas, devem os instrumentos de gestão territorial aplicáveis garantir a conservação dos valores naturais que justificaram a criação das áreas de Rede Natura 2000 (Marcelino *et al.*, 2007).

No âmbito do desenvolvimento sustentável é essencial a conservação das áreas protegidas e a implementação de medidas a nível local, de forma a regulamentar a ocupação destas zonas. Nesta conjuntura, pesquisaram-se indicadores de desenvolvimento sustentável para avaliar as políticas de ocupação e gestão destas zonas em ambiente urbano, por parte das autoridades

locais. Estes indicadores foram agregados no Domínio D5 referente à ocupação de zonas ambientalmente sensíveis. A Tabela 3.6 apresenta os critérios agregados sob este Domínio.

Tabela 3.6 – Critérios do Domínio D5 Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis

| Domínio | Subdomínios | IDS | Subindicadores |
|--|--|------------------------------------|----------------|
| D5 Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis | D5.1 Localização de zonas ambientalmente sensíveis | D5.1.1 Área protegida | |
| | D5.2 Formas de ocupação | D5.2.1 Gestão das áreas protegidas | |

D5.1.1 Área protegida

As áreas protegidas são essenciais para a manutenção da diversidade de ecossistemas em países e regiões ecológicas, em conjunto com a gestão dos impactos humanos sobre o meio ambiente (UN, 2007). Neste sentido, é importante identificar o território protegido, total e por região ecológica. Em UN (2007) é apresentado um indicador de desenvolvimento sustentável, designado por “Áreas protegidas”, cujo objetivo é identificar a proporção de áreas protegidas existentes no território, de forma a avaliar se estão protegidas de outros tipos de usos incompatíveis. No entanto, pese embora a importância do indicador, a sua exposição está direcionada para uma abordagem ao nível nacional e portanto mais abrangente que o espaço urbano. Por esta razão, este indicador deixou de ser considerado para integrar o modelo de análise multicritério, pois entendeu-se ser desadequado para este nível do território. No entanto, a sua descrição pode ser consultada no Anexo B.

Com base na desagregação do indicador “Uso sustentável do solo” (Berrini *et al.*, 2003) e de acordo com a descrição feita aquando a apresentação do indicador *D1.4.2 Solo urbanizado*, criou-se o indicador denominado por *D5.1.1 Área protegida*. Este indicador integra o modelo de análise multicritério, sob o Subdomínio *D5.1 Localização de zonas ambientalmente sensíveis*. O quadro seguinte apresenta a respetiva ficha descritiva.

| |
|--|
| Nome do indicador: ÁREA PROTEGIDA |
| Subdomínio(s) Localização de zonas ambientalmente sensíveis. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Área onde a vegetação e a paisagem têm proteção específica e a cobertura do solo não pode sofrer grandes alterações. Dimensão da área protegida como uma percentagem de área total urbana. |
| Unidade(s) de medida Percentagem (%) de área protegida ocupada. |
| Objetivos e metas Identificar a percentagem de ocupação de zonas protegidas dentro da área urbana. Avaliar qual a percentagem de ocupação urbana que sobrepõem a áreas protegidas. |

(Continua na página seguinte)

| |
|---|
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Berrini <i>et al.</i> (2003). |
| Notas importantes Os dados deste indicador em conjunto com outros indicadores poderão servir para avaliar o tipo de ocupação do solo em zonas protegidas. |

D5.2.1 Gestão das áreas protegidas

A eficácia da gestão das áreas protegidas é crucial para a preservação da biodiversidade. É um processo contínuo, sujeito a planeamento, de modo a gerir eficazmente os diferentes recursos existentes. O planeamento destas áreas tem por objetivo encontrar meios onde os impactos gerados por conflitos espaciais e ambientais possam ser estabelecidos e avaliados, de modo a criar condições legais para uma efetiva gestão. Implícito a este conceito está, por vezes, a coordenação entre reunir e analisar a informação, a criação de planos, o planeamento, a implementação e a construção. Para determinar se esta é uma estratégia de sucesso é necessário conhecer não apenas a área e sistemas que abrange, mas também se estas são geridas de forma eficaz (UN, 2007). Em UN (2007) é definido um indicador de desenvolvimento sustentável que tem por missão medir a eficácia com que as áreas protegidas são geridas, com base em informações sobre o contexto, o planeamento e o *design*, a entrada de recursos, a gestão de processos, a entrega de bens e serviços, e os resultados da conservação das áreas protegidas. Nesta perspetiva, entende-se que a presença de algum tipo de ocupação em áreas protegidas pode revelar a forma como estas áreas são geridas localmente, classificando-se assim o grau de eficácia da sua gestão. Esta análise deve ter em conta os princípios estabelecidos pelas normas em vigor, a existência de planos e regulamentos locais. Considerando que os autores de UN (2007) não identificaram uma unidade de medida para o indicador, entendeu-se que o mesmo devia ser avaliado qualitativamente, de forma a classificar a respetiva gestão. O quadro seguinte apresenta a descrição do indicador a integrar no modelo.

| |
|--|
| Nome do indicador: GESTÃO DAS ÁREAS PROTEGIDAS |
| Subdomínio(s) Formas de ocupação. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Este indicador mede a eficácia com que as áreas protegidas são geridas com base em informações sobre o contexto, planeamento e <i>design</i> , entrada de recursos, gestão de processos, entrega de bens e serviços, e os resultados da conservação das áreas protegidas. |
| Unidade(s) de medida Qualitativa. Avaliação da existência de legislação aplicada à gestão das áreas protegidas. |
| Objetivos e metas A eficácia da gestão das áreas protegidas é um importante indicador da forma como as áreas protegidas são a preservação da biodiversidade. Isso é fundamental, pois a maioria das nações usam as áreas protegidas como uma pedra angular da preservação da biodiversidade. |

| |
|--|
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) |
| UN (2007). |
| Notas importantes |
| Para determinar se esta é uma estratégia de sucesso é necessário conhecer não apenas a área e sistemas que abrange, mas também se estas são geridas de forma eficaz. |

No âmbito da ocupação de zonas ambientalmente sensíveis, outros fatores podem ser referidos. A grande concentração de população em zonas costeiras, principalmente de baixa altitude (definida como menor que 10m de altitude) aumenta a vulnerabilidade de um país para o aumento do nível do mar e outros riscos costeiros, como tempestades. Entre as pressões mais importantes estão a modificação de *habitats*, mudança da cobertura do solo, as cargas poluentes, e a introdução de espécies invasoras (UN, 2007). Outro fator relaciona-se com a definição de áreas marítimas preservadas por lei ou por outros meios para as proteger, que segundo UN (2007) são essenciais para a manutenção da diversidade dos ecossistemas marinhos, em conjunto com a gestão dos impactos humanos sobre o meio ambiente. Apesar da importância destes fatores, os mesmos devem ser analisados num contexto mais amplo que o meio urbano, sob a ameaça de perderem as respetivas funcionalidades para as quais foram definidos. Por conseguinte, não integram o modelo de análise multicritério. No entanto, as suas descrições podem ser consultadas no Anexo B.

D6 Ocupação de zonas de risco

As consequências da pressão demográfica, da ocupação de áreas de alto risco, das construções defeituosas, da degradação ambiental e da ausência ou ineficácia da prevenção (Marcelino *et al.*, 2007) levam a que cada vez mais existam vítimas de fenómenos naturais. A vulnerabilidade da sociedade a estes fenómenos, causados pela natureza, reflete o grau de preparação e das políticas de prevenção adotadas. Neste contexto, pesquisaram-se indicadores de desenvolvimento sustentável para avaliar os impactos de fenómenos naturais sobre a população, em particular nas zonas urbanas, os quais foram integrados no Domínio D6. A Tabela 3.7 mostra os critérios agregados sob este Domínio.

Tabela 3.7 – Critérios do Domínio D6 Ocupação de zonas de risco

| Domínio | Subdomínios | IDS | Subindicadores |
|--------------------------------------|-------------------------|--|-----------------------|
| D6 Ocupação de zonas de risco | D6.1 Vulnerabilidade | D6.1.1 Riscos naturais | |
| | | D6.1.2 Vulnerabilidade da população | |
| | D6.2 Acidentes naturais | D6.2.1 Perdas económicas devido a desastres naturais | |

D6.1.1 Riscos naturais

O indicador “Riscos naturais” apresentado em Marcelino *et al.* (2007) propõe avaliar a probabilidade de ocorrerem situações de risco com origem em fenómenos naturais e as respostas para a sua redução, sempre que possível e minimização dos respetivos efeitos. Assim, o objetivo deste indicador consiste em minimizar o grau de vulnerabilidade da sociedade perante os riscos naturais. Apesar da importância inculcida a estas medidas, os autores fazem referência à indisponibilidade de dados o que impediu a respetiva análise no estudo que desenvolveram. O quadro seguinte apresenta a ficha descritiva do indicador definido em Marcelino *et al.* (2007).

| |
|--|
| Nome do indicador: RISCOS NATURAIS |
| Subdomínio(s) Vulnerabilidade. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental. |
| Descrição Avaliação da probabilidade de ocorrência de situações de risco com origem em fenómenos de origem natural, e respostas para a sua redução sempre que possível e minimização dos respetivos efeitos. Inventariação de acidentes graves e catástrofes com origem em fenómenos naturais. |
| Unidade(s) de medida Número de eventos ocorridos no período de 100 anos. |
| Objetivos e metas Minimizar o grau de vulnerabilidade da sociedade aos riscos naturais a que está sujeita. |
| Fonte(s) de dados Autoridade Nacional da Proteção Civil (ANPC). Instituto Nacional da Água (INAG). Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) Marcelino <i>et al.</i> (2007). |
| Notas importantes Disponibilidade dos dados: indisponível para o estudo dos autores, mas relevante. |

Considerando a importância deste fator na análise da sustentabilidade urbana, foi tido em conta a respetiva descrição para integrar o modelo de análise multicritério. Apesar da descrição do indicador estar direcionada para o contexto nacional, o mesmo é facilmente adaptável ao contexto urbano. Dado que os autores Marcelino *et al.* (2007) não identificaram a respetiva unidade de medida, entendeu-se que o número de ocorrências para um determinado período temporal seria uma medida adequada. Estabeleceu-se o período temporal de 100 anos, de modo ser possível realizar uma análise mais consistente, assente na probabilidade dos acidentes naturais se repetirem, e atendendo a que se pretende analisar os níveis de vulnerabilidade da população a acidentes com origem em fenómenos naturais.

D6.1.2 Vulnerabilidade da população

A preocupação com os níveis de vulnerabilidade da população exposta a desastres naturais é identificada em UN (2007) pela descrição de um indicador de desenvolvimento

sustentável, que avalia a percentagem de população que vive em zonas propensas a riscos e perigos eminentes. Segundo os autores, os desastres causados pela vulnerabilidade aos riscos naturais têm um forte impacto negativo sobre o processo de desenvolvimento, tanto em países industrializados como em desenvolvimento. Em zonas urbanas, a vulnerabilidade da população é maior, com consequências mais graves, pelo que se considera relevante a sua análise num contexto de sustentabilidade urbana. Por conseguinte, considerou-se este indicador para integrar o modelo de análise multicritério. O quadro seguinte apresenta a respetiva ficha descritiva.

| |
|---|
| Nome do indicador: VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO |
| Subdomínio(s) Vulnerabilidade. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Ambiental; Social. |
| Descrição Percentagem de população que vive em zonas propensas a riscos e perigos eminentes: ciclones, secas, inundações, terremotos, vulcões e deslizamento de terras. O indicador pode ser calculado separadamente para cada um dos riscos relevantes. |
| Unidade(s) de medida Percentagem de população vulnerável. |
| Objetivos e metas Este indicador contribui para uma melhor compreensão do nível de vulnerabilidade a desastres naturais num determinado país, incentivando a longo prazo, programas sustentáveis para redução do risco e prevenção de desastres. Grandes vulnerabilidades indicam maior exposição a catástrofes naturais, na ausência de medidas para a redução de desastres. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) UN (2007). |
| Notas importantes O indicador mede o risco a uma escala subnacional, usando dados históricos e outros dados sobre riscos e vulnerabilidades. Os níveis de risco subnacionais são então agregados para chegar a valores nacionais. O risco de morte causada por desastres naturais depende da exposição física aos perigos e da vulnerabilidade ao risco. |

D6.2.1 Perdas económicas devido a desastres naturais

Os acidentes por causas naturais, para além dos danos ambientais e sociais provocam também danos económicos. Como é referido em UN (2007), os desastres envolvendo riscos naturais podem ter impactos devastadores de curto e longo prazo na sociedade e na economia de qualquer país, afetando de forma adversa o progresso, rumo ao desenvolvimento sustentável. Neste sentido, UN (2007) descreve um indicador designado por “Perdas humanas e económicas devido a desastres”, para avaliar os impactos na sociedade e na economia inerentes à ocorrência de desastres naturais. No Anexo A apresenta-se a ficha do indicador pesquisado.

A definição original do indicador em UN (2007) tem por objetivo estimar os impactos sobre o Homem e a economia provocados pelos desastres naturais. De acordo com os autores,

este indicador pode ser expresso em percentagem da população total para perdas humanas e do Produto Interno Bruto (PIB) para perdas económicas. Tendo em conta que, os indicadores definidos anteriormente analisam os impactos humanos, canalizou-se este indicador para as perdas económicas de forma a avaliar esta medida para zonas urbanas e a integra-la no modelo de análise multicritério. Assim, os impactos resultantes de acidentes deste tipo sobre a economia são tratados a nível local, centrando-se nos gastos médios anuais para a recuperação e/ou indemnização necessários para materializar e recuperar os danos, definindo um período temporal para a análise. Considera-se que o período de 10 anos para a análise do impacto económico é adequado.

Considerando as alterações expostas, reescreveu-se o indicador que se passou a designar por *D6.2.1 Perdas económicas devido a desastres naturais*. O quadro seguinte apresenta o indicador reescrito com base na definição dada em UN (2007).

| |
|---|
| Nome do indicador: PERDAS ECONÓMICAS DEVIDO A DESASTRES NATURAIS |
| Subdomínio(s) Acidentes naturais. |
| Dimensão de desenvolvimento sustentável Económica. |
| Descrição Perdas económicas e de infraestruturas incorridas como resultado direto do desastre natural. O indicador é expresso por perdas económicas (gastos para recuperação/indemnização). |
| Unidade(s) de medida Percentagem do Produto Interno Bruto (PIB) para recuperar os danos. Gastos médios anuais durante uma década para incorporar e recuperar os danos. |
| Objetivos e metas O indicador fornece estimativas do impacto dos desastres a nível económico. |
| Fonte(s) de dados |
| Fonte(s) Bibliográfica(s) UN (2007). |
| Notas importantes |

No âmbito deste Domínio, relativo à ocupação de zonas de riscos, pesquisaram-se outros indicadores relacionados com a degradação do solo como resultado de uma determinada atividade, nomeadamente os indicadores “Degradação do solo” e “Desertificação” (UN, 2007). Após a análise dos respetivos conteúdos, concluiu-se que os mesmos não se enquadravam no contexto urbano. Por conseguinte, estes indicadores não foram integrados no modelo de análise multicritério. No entanto, podem ser consultados no Anexo B.

3.4 CONCLUSÃO

O modelo de análise multicritério foi desenvolvido seguindo uma estrutura hierárquica de cima para baixo, enquadrando-se no modelo do Processo Analítico Hierárquico definido por

Saaty (1977, 1980). Em primeiro lugar definiram-se os critérios que compõem o 1.º nível hierárquico, denominados por Domínios, os quais foram definidos considerando os objetivos propostos para o modelo do IEUS, que é o principal objetivo da Tese. Assim, no esforço de abarcar o mais possível as variáveis ligadas ao desenvolvimento urbano sustentável, este nível superior é composto pelas principais dimensões consideradas relevantes para o estudo da expansão urbana ou do *sprawl* urbano, numa perspetiva de sustentabilidade. Por conseguinte, são estes critérios que definem as dimensões de sustentabilidade urbana a avaliar pelo modelo de análise multicritério. Com base nas definições e nos objetivos traçados para cada Domínio, desenvolveu-se o modelo no sentido descendente da hierarquia, simplificando os objetivos e as definições de modo a aproximar do problema. Para cada Domínio foi proposto um conjunto de critérios que quando agregados permitem avaliar o respetivo desempenho para a cidade em análise. Assim, todos os critérios que compõem os níveis inferiores do modelo foram definidos de modo a cumprirem os objetivos do respetivo Domínio.

A agregação ao longo da estrutura hierárquica de todos os critérios que compõem o modelo de análise multicritério permitirá atingir o seu principal objetivo, que consiste em calcular um Índice de Expansão Urbana Sustentável e avaliar o nível de sustentabilidade da cidade, no âmbito das dimensões propostas.

MODELO DO ÍNDICE DE EXPANSÃO URBANA SUSTENTÁVEL

4.1 INTRODUÇÃO

Segundo Tanguay *et al.* (2009) o uso de índices para a análise do desenvolvimento sustentável facilita o seu entendimento e a interpretação dos indicadores relacionados. Um índice sintetiza um conjunto de indicadores (Tanguay *et al.*, 2009, 2010; Rajaonson e Tanguay, 2019) e pode ser calculado com base num método de agregação dos indicadores.

O Índice de Expansão Urbana Sustentável (IEUS) apresentado nesta Tese constitui uma ferramenta de auxílio à avaliação do nível de sustentabilidade em zonas de expansão urbana, onde a probabilidade de ocorrer *sprawl* urbano é maior. O IEUS baseia-se num conjunto de critérios estruturados hierarquicamente, os quais constituem um modelo de análise multicritério e o seu cálculo resulta da combinação dos vários critérios de acordo com as técnicas associadas à avaliação multicritério. Tendo por base o modelo de análise multicritério apresentado no Capítulo III, este Capítulo apresenta a metodologia seguida para o cálculo do IEUS, exposta ao longo das várias Secções e Subsecções que compõem o Capítulo.

A primeira Secção corresponde à presente Introdução. Na segunda Secção expõe-se a estrutura hierárquica e os respetivos critérios. Na terceira Secção é apresentada a formulação para o cálculo de cada subindicador e indicador de desenvolvimento sustentável, desenvolvida a partir da interpretação da respetiva definição e dos objetivos propostos. Na quarta Secção e respetivas subsecções relatam-se as técnicas de avaliação multicritério. A quinta Secção refere-se à utilização de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica na análise espacial associada ao cálculo do IEUS. Na Sexta Secção é apresentada uma síntese do cálculo do IEUS, exibindo-se os fluxogramas relativos à combinação dos critérios e criação de cenários de avaliação. Na sétima Secção apresenta-se a metodologia para a análise parcial dos Domínios e cálculo dos Indicadores Compostos, gerando cenários de avaliação. Na oitava e última Secção são apresentadas algumas conclusões relativas a este Capítulo.

4.2 ESTRUTURA HIERÁRQUICA

O processo de cálculo do IEUS integra múltiplos critérios, organizados em grupos segundo uma estrutura hierárquica. A abordagem *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1977, 1980, 2008; Saaty, 1987) apresentada no Capítulo II divide o problema em grupos de critérios, subdivididos em grupos de nível inferior, permitindo integrar grande quantidade de informação na estrutura do problema e visualizar de forma mais completa todo o processo de cálculo e de decisão (Saaty e Kearns, 1985). Na estrutura hierárquica dos diferentes critérios intervenientes no processo de decisão, o nível superior corresponde ao objetivo final do problema, ou processo de decisão, e os níveis inferiores devem ser estruturados de modo a que ao descer na hierarquia se passe de níveis mais abrangentes para níveis mais específicos, terminando num nível onde os critérios são facilmente quantificáveis ou avaliáveis. Assim, a lista de critérios no nível inferior deve ser o mais vasta possível e pormenorizada de modo a cobrir todas as possibilidades que possam interferir no processo de decisão.

No Capítulo III expuseram-se todos os critérios, organizados em quatro níveis hierárquicos, que compõem o IEUS, num total de 99. Estes critérios pormenorizam os indicadores de desenvolvimento sustentável aos quais se associam e consistem em medidas facilmente compreensíveis, clarificando o alcance do respetivo indicador. Após a respetiva normalização dos critérios, a agregação dos critérios ao longo da estrutura hierárquica calcula o IEUS, no contexto exposto e de acordo com os objetivos enunciados.

Os subindicadores e os indicadores de desenvolvimento sustentável, compondo a base da estrutura hierárquica, correspondem a variáveis de medição simples e cujo cálculo se baseia em dados provenientes de diferentes fontes, como: informação estatística, dados resultantes de observações diretas ou de inquéritos, dados numéricos e também dados geográficos ou espaciais. Estabeleceram-se níveis de importância relativos aos critérios que compõem a base hierárquica do modelo, terceiro e quarto níveis, de modo a identificar aqueles sem os quais a análise perde significado (prioridade máxima), os que podem ser demitidos face à dificuldade em aceder a dados (prioridade média), e os critérios de prioridade mais baixa, ou seja, aqueles que podem ser dispensados do cálculo do Índice sem prejuízo para a análise final do IEUS. No entanto, podem ser importantes para estudar algum assunto específico. Assim, na aplicação do modelo a uma determinada cidade, deve ser feito o esforço em cumprir a respetivas prioridades na recolha dos dados para o cálculo destes critérios, de forma a não comprometer o resultado da análise.

A Figura 4.1 apresenta os critérios que compõem os dois níveis superiores hierárquicos: Domínios e Subdomínios.

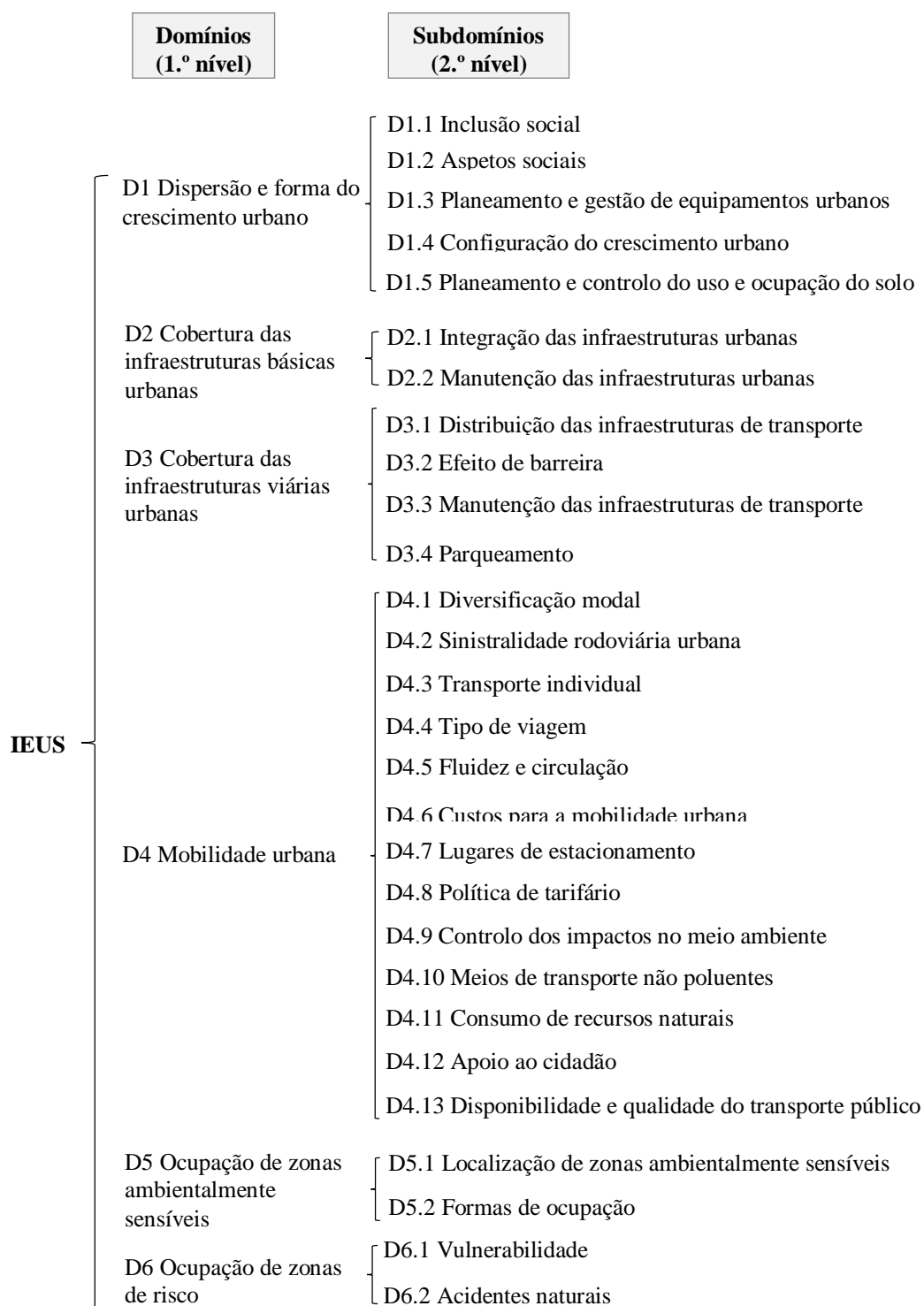


Figura 4.1 – Critérios dos 1.º e 2.º níveis hierárquicos do IEUS

Na Tabela 4.1 apresentam-se as três prioridades estabelecidas e os respetivos significados, sendo que 1 corresponde à prioridade máxima e 3 à prioridade mínima.

Tabela 4.1 – Níveis de prioridade na recolha de dados para o cálculo dos critérios do IEUS

| Nível de Prioridade | Conceito |
|----------------------------|--|
| 1 | Recolha obrigatória – essencial para a análise. |
| 2 | Recolha com obrigatoriedade média – de significado mediano para a análise. |
| 3 | Recolha com obrigatoriedade baixa – de significado baixo para a análise. |

Na Tabela 4.2 apresentam-se os critérios que compõem os dois níveis inferiores da hierarquia, respetiva natureza, tipo de variável, unidade de medida e prioridade estabelecida considerando a sua importância para o cálculo do IEUS. A relação com os critérios dos dois níveis hierárquicos superiores (Figura 4.1) é feita pelo respetivo identificador (ID).

4.3 FORMULAÇÃO PARA O CÁLCULO DOS CRITÉRIOS DO 3.º NÍVEL E DO 4.º NÍVEL

O cálculo dos critérios que compõem o 3.º nível e o 4.º nível da estrutura hierárquica, respetivamente, os indicadores e os subindicadores de desenvolvimento sustentável, precede a aplicação das técnicas de análise multicritério no cálculo do IEUS. Com base nos objetivos, descrição e unidade de medida (Tabela 4.2) definidos para cada um dos critérios destes níveis hierárquicos, apresentados no Capítulo III, desenvolveu-se a formulação para o respetivo cálculo e análise. Neste sentido, criaram-se equações matemáticas para expressar a metodologia de cálculo dos critérios referidos e o propósito de cada um. A terminologia usada na formulação desenvolvida baseou-se na informação estatística respeitante aos Censos de 2011 (INE, 2012), dado esta ser uma fonte importante para o acesso a dados do território. Para os indicadores e subindicadores de natureza espacial, o modelo de cálculo baseou-se na unidade territorial a subsecção estatística, a qual corresponde à unidade mínima do território definida pelo Instituto Nacional de Estatística de Portugal para os Censos de 2011 (INE, 2012), disponível na Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI). A escrita das equações está indexada à subsecção estatística, de forma a ser possível desagregar os dados segundo esta unidade territorial e analisar espacialmente as medidas avaliadas dentro da zona de estudo.

No entanto, a formulação desenvolvida pode ser facilmente adaptada para outra unidade territorial, desde que os dados disponíveis para o cálculo dos critérios sejam compatíveis com essa dimensão do território.

Tabela 4.2 – Indicadores e subindicadores de desenvolvimento sustentável para o cálculo do IEUS

| Indicadores de desenvolvimento sustentável | Subindicadores | Natureza do critério | Tipo de variável | Unidade de medida | Prioridade |
|---|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| D1.1.1 Justiça social | D1.1.1.1 Condições de habitação | QT | VC | % | 1 |
| | D1.1.1.2 Desemprego | QT | VC | % | 1 |
| | D1.1.1.3 Acesso à educação | QT | VC | % | 1 |
| | D1.1.1.4 Informação | QT | VC | % | 2 |
| | D1.1.1.5 Exercício | QT | VC | % | 3 |
| | D1.1.1.6 Lazer | QT | VC | % | 3 |
| D1.2.1 Segurança urbana | D1.2.1.1 Acidentes rodoviários | QT | VC | % | 1 |
| | D1.2.1.2 Crime | QT | VC | % | 1 |
| D1.2.2 Participação do cidadão | | QT | VC | % | 2 |
| D1.2.3 Nível educacional | | QT | VC | % | 1 |
| D1.2.4 Satisfação dos cidadãos com a comunidade local | | QT | VC | % | 2 |
| D1.3.1 Património, espaços públicos e espaços verdes | D1.3.1.1 Espaços Verdes | E | VC | m ² /hab | 1 |
| | D1.3.1.2 Espaços de Património | QL | O | QL | 1 |
| | D1.3.1.3 Espaços Públicos | QL | O | QL | 1 |
| D1.3.2 Disponibilidade de áreas públicas abertas | | E | VC | % | 1 |
| D1.3.3 Disponibilidade de serviços básicos | | E | VC | % | 1 |
| D1.4.1 Evolução demográfica | | QT | VC | %/ano | 1 |
| D1.4.2 Solo urbanizado | | E | VC | % | 1 |
| D1.4.3 Intensidade de utilização | | QT | VC | hab/ha | 1 |

NOTA: Ver legenda no fim da Tabela.

Tabela 4.2 – Indicadores e subindicadores de desenvolvimento sustentável para o cálculo do IEUS (Cont.)

| Indicadores de desenvolvimento sustentável | Subindicadores | Natureza do critério | Tipo de variável | Unidade de medida | Prioridade |
|---|---|-----------------------------|-------------------------|--|-------------------|
| D1.5.1 Alterações do uso do solo | | QL | O | QL | 1 |
| D2.1.1 População servida com sistemas de abastecimento de água | | QT | VC | % | 1 |
| D2.1.2 População servida por sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais | | QT | VC | % | 1 |
| D2.2.1 Despesa ambiental | | QT | VC | Custo/hab | 1 |
| D3.1.1 Estrutura da rede viária | | QL | O | QL | 1 |
| D3.1.2 Solo ocupado por infraestruturas de transporte | | QL | O | QL | 1 |
| D3.2.1 Fragmentação do território pela rede viária | | QL | O | QL | 1 |
| D3.3.1 Despesas anuais para as autoridades públicas | D3.3.1.1 Investimentos rodoviários | QT | VC | Custo/ano/hab | 1 |
| | D3.3.1.2 Investimentos para transportes públicos | QL | O | QL | 2 |
| D3.4.1 Consumo de espaço público para estacionamento | | QT | VC | m ² xh/ocupante | 1 |
| D4.1.1 Distribuição modal por viagem | | QT | VC | % de uso de modos de transporte/viagem | 1 |
| D4.2.1 Acidentes de trânsito | | QT | VC | %/ano | 1 |
| D4.3.1 Número de viagens diárias | D4.3.1.1 Número de viagens diárias (Transporte público) | QT | VC | Viagens/dia/ pessoa | 1 |
| | D4.3.1.2 Número de viagens diárias (Transporte privado) | QT | VC | Viagens/dia/pessoa | 1 |
| D4.3.2 Utilização de carro privado | | QL | O | QL | 1 |

NOTA: Ver legenda no fim da Tabela

Tabela 4.2 – Indicadores e subindicadores de desenvolvimento sustentável para o cálculo do IEUS (Cont.)

| Indicadores de desenvolvimento sustentável | Subindicadores | Natureza do critério | Tipo de variável | Unidade de medida | Prioridade |
|---|---|-----------------------------|-------------------------|--|-------------------|
| D4.4.1 | Tempo de viagem | QT | VC | Minutos/dia/pessoa | 1 |
| D4.4.2 | Distância média diária percorrida (Viagens motorizadas) | QT | VC | Km/dia | 1 |
| | Distância média diária percorrida (Viagens não motorizadas) | QL | O | QL | 1 |
| D4.5.1 | Congestionamento | QL | O | QL | 1 |
| D4.6.1 | Custos para a comunidade | QL | N | QL | 1 |
| D4.6.2 | Despesas para transporte público | QT | VC | Custo/ano/família | 1 |
| | Custos de utilização de veículo privado | QT | VC | Custo/ano/família | 2 |
| | Custos de estacionamento | QT | VC | Custo/dia | 2 |
| | Estacionamento residencial | QT | VC | Custo/ano | 3 |
| D4.7.1 | Estacionamento público | QL | O | QL | 1 |
| D4.8.1 | Taxas locais | QT | VC | Custo/dia | 1 |
| D4.9.1 | Qualidade do ar | QL | N | N.º Dias ou horas/ano em que os valores limite são ultrapassados | 1 |
| D4.9.2 | Emissão de gases poluentes | QT | VC | CO ₂ eq./hab | 1 |

NOTA: Ver legenda no fim da Tabela

Tabela 4.2 – Indicadores e subindicadores de desenvolvimento sustentável para o cálculo do IEUS (Cont.)

| Indicadores de desenvolvimento sustentável | Subindicadores | Natureza do critério | Tipo de variável | Unidade de medida | Prioridade |
|---|---|-----------------------------|-------------------------|--|-------------------|
| D4.9.3 | Resíduos gerados pelos transportes | QL | O | QL | 3 |
| D4.9.4 | Ruído urbano | QL | N | QL | 1 |
| D4.10.1 | Deslocações pedonais e de bicicleta | QT | VC | % | 1 |
| D4.11.1 | Consumo de combustível | QT | VC | tep/ano/hab | 1 |
| D4.12.1 | Acessibilidade à informação | QT | VC | % | 1 |
| D4.13.1 | Quantidade e qualidade do transporte público | QT | VC | % | 1 |
| D5.1.1 | Área protegida | E | N | % | 1 |
| D5.2.1 | Gestão das áreas protegidas | QL | O | QL | 1 |
| D6.1.1 | Riscos naturais | QT | VD | N.º ocorrências no período de 100 anos | 1 |
| D6.1.2 | Vulnerabilidade da população | QT | N | % | 1 |
| D6.2.1 | Perdas económicas devido a desastres naturais | QT | VC | % PIB <i>per capita</i> | 1 |

LEGENDA

Natureza do critério: QT – Critério Quantitativo; QL – Critério Qualitativo; E – Critério Espacial.

Tipo de variável: VC – Variável Contínua; VD – Variável Discreta; O – Escala Ordinal; N – Escala Nominal.

Seguidamente apresenta-se a formulação desenvolvida para o cálculo de cada critério dos níveis hierárquicos referidos. A exposição segue a ordem de inclusão dos critérios na estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério, de acordo com o identificador atribuído e conforme apresentado no Capítulo III.

DI.1.1.1 Condições de habitação

Análise das condições de habitação da população residente, com base no cálculo da percentagem de população urbana com falta de pelo menos uma das seguintes condições: acesso a água potável, acesso a instalações sanitárias, qualidade da habitação (suficiente, não lotada, sala de estar, qualidade estrutural/durabilidade das habitações, segurança da posse). O valor deste indicador indica o nível de deterioração das condições de habitação na cidade e as consequentes carências habitacionais da população. Valores mais elevados correspondem a menores condições de habitação para a população da cidade. O cálculo do subindicador segue a metodologia apresentada de seguida.

- 1) Cálculo do número de alojamentos que são residência habitual e que não dispõem de pelo menos um dos serviços por cada subsecção estatística (Equação 4.1).

$$Dif_i = N_{Aloj_ResHab}_i - \text{Min}(N_{Res_HabCServ}_j)_i \quad (4.1)$$

$$i = 1, \dots, n ;$$

$$j = \text{água, retrete, esgoto, banho}$$

Onde,

i – Subsecção estatística;

n – Número total de subsecções estatísticas;

N_{Aloj_ResHab} – N.º de alojamentos familiar, clássico e não clássico, que são residência habitual;

$N_{Res_HabCServ}_j$ – N.º de residências habitual com todos os tipos de serviço, em que:

$$j = \text{água, retrete, esgoto, banho.}$$

Se $Dif_i = 0$, então todas as residências habitual têm a totalidade dos serviços em análise ou não existem alojamentos familiares que são residência habitual, na respetiva subsecção estatística;

Se $Dif_i > 0$, então a diferença indica o número de alojamentos familiares que são residência habitual, sem pelo menos um dos referidos serviços, na respetiva subsecção estatística.

- 2) Cálculo da população afetada pela falta de condições de habitação por cada subsecção estatística.

Esta etapa do cálculo realiza-se por dois estágios.

- i. Dado pretender relacionar-se o número de alojamentos que são residência habitual com a respetiva população afetada, primeiramente é necessário calcular para cada subsecção estatística a relação de proporcionalidade entre os alojamentos sem condições de habitação e o número total de alojamentos (Equação 4.2).

$$Prop_Aloj_i = \frac{Dif_i}{N_Aloj_ResHab_i} ; i = 1, \dots, n \quad (4.2)$$

Em que,

i – Subsecção estatística;

n – Número total de subsecções estatísticas;

Dif_i – valor resultante da Equação 4.1;

N_Aloj_ResHab – N.º de Alojamentos familiar, clássico e não clássico, que são residência habitual.

Se $Prop_Aloj_i = 0$, então é porque $Dif_i = 0$, logo não há população afetada pela falta de condições de habitação para a respetiva subsecção estatística, ou seja, toda a população está servida ou não existem alojamentos que são residência habitual na subsecção, logo também não há população residente afetada.

Nas subsecções onde o número de alojamentos que são residência habitual é igual a zero, o valor de $Prop_Aloj_i$ seria infinito; neste caso considera-se o valor zero pois todos os valores são nulos e não existe população residente nessa zona territorial.

- ii. População afetada pela falta de condições de habitação por cada subsecção estatística, calculada com base na Equação 4.3.

$$Pop_SCond_i = Prop_Aloj_i \times Pop_Res_i ; i = 1, \dots, n \quad (4.3)$$

Em que,

i – Subsecção estatística;

n – Número total de subsecções estatísticas

Pop_SCond – População sem condições de habitação;

$Prop_Aloj_i$ – Proporção de alojamentos sem condições de habitação, por subsecção estatística;

Pop_Res_i – População residente por subsecção estatística.

- 3) Cálculo do valor total de população residente sem as condições de habitação para toda a zona urbana em análise (Equação 4.4).

$$Pop_TotalSCond = \sum_{i=1}^n Pop_SCond_i \quad (4.4)$$

Em que,

i – Subsecção estatística;

n – Número total de subsecções estatísticas.

Considerando que a unidade de medida do subindicador se refere à percentagem de população afetada pela falta de condições de habitação para toda a zona urbana, o respetivo cálculo final deve seguir a seguinte equação:

$$\frac{Pop_TotalSCond}{Pop\ Total} \times 100$$

Em que,

$Pop_TotalSCond$ – População total residente sem condições de habitação para toda a zona urbana em análise;

$Pop\ Total$ – População total residente na zona de estudo.

DI.1.1.2 Desemprego

População urbana em situação de desemprego. A análise espacial ao nível da subsecção estatística possibilita observar a distribuição espacial das zonas urbanas com maior percentagem de desempregados.

O cálculo da percentagem de população desempregada por cada subsecção estatística é dado pela Equação (4.5).

$$Pop_Desemp_i = \frac{N_Indiv_Desemp_i}{Pop_Res_i} \times 100 ; i = 1, \dots, n \quad (4.5)$$

Em que,

i – Subsecção estatística;

n – Número total de subsecções estatísticas

$N_Indiv_Desemp_i$ – N.º de indivíduos desempregados ou à procura de emprego, por subsecção estatística;

Pop_Res_i – População residente, por subsecção estatística.

Considerando que se pretende avaliar o subindicador para toda a zona urbana, de acordo com a respetiva unidade de medida, interessa também calcular a percentagem de população desempregada relativamente à totalidade de residentes em toda a área urbana em análise (Equação 4.6).

$$Pop_DesempT = \frac{\sum_{i=1}^n (N_Indiv_Desemp)_i}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.6)$$

Em que,

i – Subsecção estatística;

n – Número total de subsecções estatísticas

$N_Indiv_Desemp_i$ – N.º de indivíduos desempregados ou à procura de emprego, por subsecção estatística;

$Pop\ Total$ – População total residente na zona de estudo.

DI.1.1.3 Acesso à educação

Pretende-se avaliar a falta de acesso à educação. Considera-se como falta de acesso à educação o número total de indivíduos que não sabe ler nem escrever ou não concluiu algum nível de ensino. Para o caso de Portugal considera-se a população que não concluiu o 1.º ciclo e tem mais de 10 anos de idade. As crianças com idade inferior a 10 anos ainda não tiveram a possibilidade de concluírem o 1.º ciclo, pelo que não devem ser consideradas no cálculo do subindicador.

O cálculo deste subindicador é dado por várias etapas.

- 1) População total com algum tipo de ensino completo, 1.º ciclo ou superior (Equação 4.7).

$$EnsiComp = \sum_{i=1}^n (1Bas + 2Bas + 3Bas + Sec + Posec + Sup)_i \quad (4.7)$$

Em que,

i – Subsecção estatística

n – Número total de subsecções estatísticas.

Considera-se neste ponto que os dados dizem respeito à qualificação académica mais elevada de cada indivíduo, não havendo reprodução de valores nos vários campos apresentados.

- 2) População que não concluiu algum nível de ensino, ou seja, não tem o 1.º ciclo, o que engloba a população que não sabe ler nem escrever (Equação 4.8).

$$Pop_N_Concl = Pop\ Total^{+10A} - EnsiComp \quad (4.8)$$

Em que,

$Pop\ Total^{+10A}$ – População total com mais do que 10 anos residente na zona de estudo;

$EnsiComp$ - População total com algum tipo de ensino completo.

- 3) Percentagem de população com mais de 10 anos com falta de acesso à educação (Equação 4.9).

$$SemAcsEduc = \frac{Pop_N_Concl}{Pop\ Total^{+10A}} \times 100 \quad (4.9)$$

DI.1.1.4 Informação

Este subindicador é medido pela percentagem de população que tem acesso a serviços de informação, nomeadamente internet (Equação 4.10).

$$PopComAcsInf = \frac{AcesInf}{Pop Total} \times 100 \quad (4.10)$$

Em que,

AcesInf – População que tem acesso a informação;

Pop Total – População total residente na zona de estudo.

Atualmente o acesso à internet é facilitado pelas várias redes disponíveis em espaços públicos, quer em estabelecimentos públicos quer privados e ainda pelas redes móveis de comunicação. Desta forma, é possível qualquer cidadão aceder a este serviço e através dele obter qualquer tipo de informação. No entanto, esta disponibilidade depende da zona em análise sendo possível que existam áreas com menor cobertura de rede, pelo que se entende que esta medida não deve ser desvalorizada de imediato. Por outro lado, uma grande percentagem de população com acesso a estes serviços revela maior equidade social.

DI.1.1.5 Exercício

Este subindicador é avaliado pela percentagem de população que frequenta o ginásio ou efetua algum tipo de exercício físico (Equação 4.11).

$$Exerc = \frac{PopFrqGin}{Pop Total} \times 100 \quad (4.11)$$

Em que,

PopFrqGin – População que pratica exercício físico;

Pop Total – População total residente na zona de estudo.

DI.1.1.6 Lazer

Este subindicador calcula a percentagem de população que frequenta algum tipo de atividade cultural, tem férias pelo menos uma vez por ano, faz viagens de lazer, etc. (Equação 4.12).

$$Lazer = \frac{PopActCult}{Pop Total} \times 100 \quad (4.12)$$

Em que,

PopActCult – População com alguma atividade cultural;

Pop Total – População total residente na zona de estudo.

DI.2.1.1 Acidentes rodoviários

Este subindicador avalia percentualmente a população afetada gravemente (mortos, feridos graves e feridos ligeiros) por acidentes de trânsito.

Atendendo à variabilidade anual das ocorrências relativas aos dados para o cálculo deste subindicador, entende-se que deve ser considerado para a análise um determinado período temporal. Este período deve ser definido de acordo com os dados disponíveis e que possibilite caracterizar de forma realista esta variável. Deste modo, são calculados os valores médios respeitantes a esse período. Neste contexto, o cálculo deve seguir as seguintes etapas.

- 1) Cálculo do valor médio anual de acidentados:

$$\overline{PopAcid} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N PopAcid_i \quad (4.13)$$

Em que,

N – Número de anos em análise;

$PopAcid$ – Número de vítimas em cada ano.

- 2) Cálculo da percentagem de população afetada:

$$AcidRod = \frac{\overline{PopAcid}}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.14)$$

Em que,

$Pop\ Total$ – População total residente na zona de estudo.

DI.2.1.2 Crime

Percentagem de população afetada gravemente por crimes violentos como: homicídios dolosos, assaltos, violação, roubo ou furto.

Atendendo à inconstância de ocorrências, considera-se mais apropriado para o cálculo deste subindicador a análise de dados relativos a um determinado período de tempo, de forma a avaliar os respetivos valores médios anuais. Neste contexto, o cálculo deste subindicador segue a seguinte sequência.

- 1) Cálculo do valor médio anual de crimes (Equação 4.15):

$$\overline{Crim} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Crim_i \quad (4.15)$$

Em que,

N – Número de anos em análise;

$Crim$ – Número de crimes ocorridos em cada ano.

- 2) Tendo em conta que o subindicador se refere a valores de população afetada por este tipo de crimes e considerando que em cada crime apresentado está um cidadão lesado, os valores respeitantes a crimes devem ser convertidos em número de pessoas de forma a calcular este subindicador. Assim, o cálculo da percentagem de população afetada é dado pela Equação (4.16).

$$PopCrim = \frac{\overline{Crim}}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.16)$$

Em que,

Pop Total – População total residente na zona de estudo.

D1.2.2 Participação do cidadão

Avaliação percentual da população que participa nas eleições locais ou são membros ativos em associações. Para o cálculo deste indicador de desenvolvimento sustentável entendeu-se ser importante realizar a análise temporal, de modo a calcular um valor médio de participação por evento eleitoral. De seguida apresenta-se a sequência de cálculo a aplicar.

- 1) Cálculo da percentagem de população que vota em cada ato eleitoral, relativamente ao número de inscritos (Equação 4.17).

$$Perc_Votos = \frac{Votantes}{Inscritos} \times 100 \quad (4.17)$$

- 2) Tendo em conta que cada voto corresponde a uma pessoa, o número de votantes é facilmente convertido para o número de população que participa nas eleições. Então, o cálculo da percentagem média de população que participa nas eleições por época eleitoral baseia-se na Equação 4.18.

$$\overline{PopVota} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Perc_Votos_i \quad (4.18)$$

Em que,

N – Número de épocas eleitorais em análise;

Perc_Votos – Percentagem de população que vota por ato eleitoral.

Relativamente à população que participa em associações locais, a respetiva percentagem é calculada atendendo ao número total de população residente na zona em estudo.

O valor final a aplicar como medida deste indicador é dado pela ponderação das duas componentes que o definem. Neste âmbito, é possível que exista duplicação no que respeita à população participativa em cada uma das componentes. Dado que esta duplicidade só pode ser resolvida pelo cruzamento dos dados entre os votantes dos cadernos eleitorais e os participantes nas associações, considera-se que o valor máximo das duas componentes do indicador,

ponderadas pelas respetivas percentagens de participação é o mais correto, conforme descrito na Equação (4.19).

$$S_p = \max(a_1, a_2) \quad (4.19)$$

Em que,

$$a_1 = Pop\ Total \times p_1;$$

$$a_2 = \overline{Insc} \times p_2;$$

\overline{Insc} – Valor médio do número de inscritos nos cadernos eleitorais para o período de tempo em análise;

p_1 – peso relativo à participação em associações;

p_2 – peso relativo à participação nas eleições.

Sendo a unidade de medida deste indicador a percentagem de população que participa, o valor final é dado pela Equação (4.20).

$$Part_Cid = \frac{S_p}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.20)$$

Em que,

$Pop\ Total$ – População total residente na zona de estudo.

DI.2.3 Nível educacional

Este indicador avalia o nível de alfabetização da população adulta, traduzido pela percentagem de população com mais de 15 anos e alfabetizada. Pretendendo-se avaliar a taxa de população adulta alfabetizada, ou seja, que seja capaz de ler, escrever e aprender diariamente, o cálculo do indicador deve basear-se na população cujo nível educacional é igual ou superior ao 1.º ciclo do ensino básico e tem idade igual ou superior a 15 anos. Neste contexto, a Equação 4.21 exprime o cálculo do indicador.

$$NivelEduc = \frac{\sum_{i=1}^n PopResAlf_i}{PopResd^{+15}} \times 100 \quad (4.21)$$

Em que,

$PopResAlf$ – População residente com mais de 15 anos e alfabetizada. Esta variável é calculada pela diferença entre a população residente com mais de 15 anos e a população sem escolaridade (não tem nenhum nível de escolaridade completo ou não sabe ler nem escrever);

i – Subsecção estatística;

n – Número total de subsecções estatísticas;

$PopResd^{+15}$ – População com idade superior ou igual a 15 anos residente na zona de estudo.

D1.2.4 Satisfação dos cidadãos com a comunidade local

Este indicador avalia o bem-estar geral da comunidade, com base na análise do nível de satisfação dos cidadãos com o município como um lugar para viver e trabalhar.

Atendendo ao objetivo do indicador de desenvolvimento sustentável, o respetivo cálculo exige a consulta por inquérito à população. A respetiva avaliação efetua-se pelo uso de uma escala de satisfação, desde um nível mais elevado de satisfação até ao menor nível de satisfação. O valor a considerar para o indicador corresponde à percentagem de população que se manifesta com níveis de satisfação positivos.

D1.3.1.1 Espaços verdes

Este subindicador avalia a área de espaços verdes disponível por habitante. Entende-se por espaços verdes disponíveis aos cidadãos todas as zonas de jardim e parques existentes na cidade e acessíveis aos seus habitantes. Não estão incluídos nestes espaços as áreas ajardinadas pertencentes a interiores de rotundas e separadores de vias rodoviárias.

A medida do subindicador corresponde à área total de espaços verdes por habitante residente na zona de estudo, sendo o seu cálculo traduzido pela Equação 4.22.

$$Vrd = \frac{Vrd_T}{Pop\ Total} \quad (4.22)$$

Em que:

Vrd_T – Área total de espaços verdes existentes na zona de estudo;

$Pop\ Total$ – População total residente na zona de estudo.

D1.3.1.2 Espaços de Património

É objetivo deste subindicador avaliar a área de espaço de património por habitante. O conceito de Património pode ser muito amplo e aplicado a vários assuntos. No entanto, atendendo aos objetivos desta Tese, o conceito deve relacionar-se com imóveis disponíveis e ao serviço da sociedade e que por alguma característica se distinguem dos demais. Assim, considera-se que espaços de património são todas as zonas classificadas por Decreto-Lei, como património de interesse público e também alguns espaços de valor histórico-cultural e/ou religioso dentro da zona de estudo.

De acordo com a definição, o subindicador deve ser avaliado pela relação área/habitante. Assim, a medida do subindicador corresponde à área total de espaços de património existentes na zona de estudo e disponíveis para cada cidadão. Assim sendo, o respetivo cálculo baseia-se na Equação 4.23.

$$Patrm = \frac{Patrm_T}{Pop\ Total} \quad (4.23)$$

Em que:

Patrm_T - Área total de espaços de património existentes na zona de estudo;

Pop Total – População total residente na zona de estudo.

No entanto, o cálculo da razão área/habitante poderá não ser suficientemente esclarecedor acerca da grandeza desta proporção ser satisfatória para avaliar o bom ou mau desempenho do subindicador para a cidade. Principalmente porque cada zona urbana tem a sua própria história, cultura e outros atributos, dos quais depende o património existente, tornando cada cidade única. Por esse motivo, propõe-se a avaliação qualitativa do subindicador feita de uma forma empírica, tendo por base o conhecimento da área urbana a analisar e as respetivas áreas de património existentes.

DI.3.1.3 Espaços Públicos

Este subindicador avalia a área de espaço público disponível na cidade por cada habitante. A definição de espaço público não é consensual. Vários autores, em contextos temporais e geográficos distintos definiram-no de formas diferentes (Fernandes, 2012; Narciso, 2008). Espaço público pode ser considerado como aquele que é de uso comum e posse coletiva, acessível a todos os cidadãos. São espaços propícios à socialização entre os cidadãos, onde podem ser desenvolvidas atividades lúdicas, culturais e de convívio entre os diversos grupos que compõem a sociedade urbana. Contribuem assim para o funcionamento equilibrado da cidade e para a qualidade de vida urbana, constituindo elementos estruturantes para a organização da cidade. Segundo Francisco (2005) os Espaços Públicos Urbanos unem-se a componentes de recreio, lazer e consumo e a multiplicidade de elementos que os integram origina complexidade em termos de análise tipológica. A sua condição pública e de considerar o espaço para além do domínio privado incute a necessidade de sistematização. Neste sentido, esta autora considerou vários grupos de categorias de espaço: (a) Corredores e Elementos Estruturantes – pontes, viadutos e túneis motorizados; avenidas; ruas predominantemente motorizadas; ruas exclusivamente pedonais; ruas de trânsito restrito; rotundas; passagens desniveladas pedonais (aéreas e subterrâneas), ciclovias; eixos ferroviários, entre outros; (b) Estações e Paragens de Transporte Público – rodoviário, ferroviário, marítimo, fluvial e aéreo; (c) Estacionamento de Transporte Privado – silos; parques de estacionamento; lugares de estacionamento; (d) Praças, Largos e Passeios – praças e praças; largos; passeios; (e) Espaços Comerciais – centros/núcleos comerciais; mercado e largo de feiras; (f) Espaços Verdes de Recreio e Lazer – parques urbanos; corredores verdes; jardins e espaços verdes; hortas urbanas; frentes marginais de rio ou de mar; espaços de recreio e lazer; recintos de recreio e lazer; (g) Espaços de Transição – espaços intersticiais; logradouro (espaço interior do quarteirão);

espaços exteriores dos edifícios e sua envolvente; arcadas; escadarias; (h) Infraestruturas de Subsolo – rede de abastecimento de água potável; rede de distribuição de energia elétrica e de gás; rede de drenagem de águas pluviais e de águas residuais; rede de recolha de resíduos sólidos urbanos; rede de semáforos; rede de telecomunicações e cabos de televisão; (i) Outros Espaços – cemitérios, entre outros.

De acordo com Serdoura (2007) os espaços públicos urbanos devem ser acessíveis a todos, independentemente da idade, capacidades, origens ou rendimento, oferecendo a possibilidade de escolha em termos de mobilidade e acesso a diferentes atividades, edifícios e recursos e não se assumindo como espaços restritos às necessidades de qualquer setor da sociedade. Neste contexto, os espaços públicos apresentam grande diversidade ambiental e espacial, podendo a forma urbana também servir para organizar ou expressar relações sociais.

Por definição, o subindicador deve ser avaliado pela relação área/habitante, ou seja, a área total de espaços públicos (incluindo locais de património) disponível na cidade por cada habitante (Equação 4.24).

$$Publc = \frac{Publc_T}{Pop\ Total} \quad (4.24)$$

Em que:

Publc_T - Área total de espaços públicos existentes na zona de estudo;

Pop Total – População total residente na zona de estudo.

A falta de consenso na definição deste subindicador pode dificultar a objetividade da apreciação, no que respeita à avaliação do seu desempenho na cidade. Por conseguinte, propõe-se em alternativa uma avaliação qualitativa, feita de modo empírico, tendo por base o conhecimento da cidade e dos espaços públicos existentes e disponíveis para os cidadãos.

D1.3.2 Disponibilidade de áreas públicas abertas

Este indicador avalia a população residente que é servida por espaços públicos situados a menos de 300 metros de distância. Berrini *et al.* (2003) definem áreas públicas abertas como parques públicos, jardins ou espaços abertos, para uso exclusivo de ciclistas ou peões, exceto ilhas verdes de tráfego ou divisórias e cemitérios (a menos que a autarquia reconheça a sua função recreativa ou de importância natural, histórico ou cultural); espaços de desporto ao ar livre acessíveis ao público gratuitamente; áreas privadas (áreas agrícolas, parques privados) acessíveis ao público gratuitamente.

Considerando que o indicador mede a percentagem de população que reside a menos de 300 metros de uma área pública aberta, o respetivo cálculo baseia-se na Equação 4.25.

$$Pop\ Resd300 = \frac{\sum_{i=1}^k Pop_Resd_i}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.25)$$

Em que,

k - Número de subsecções estatísticas localizadas até 300m de uma área pública aberta;

Pop_Resd – População residente em cada subsecção estatística;

$Pop\ Total$ – População total residente na zona de estudo.

DI.3.3 Disponibilidade de serviços básicos

Este indicador calcula a população que reside a menos de 300m de algum serviço básico. Segundo Berrini *et al.* (2003) serviços básicos são definidos como: serviços primários de saúde públicos (médicos de clínica geral, hospitais, postos de primeiros socorros, gabinetes de aconselhamento familiar ou outros centros públicos que prestem serviços médicos, como exames de diagnóstico ou especialista); rotas de transporte coletivo que, pelo menos num dia útil normal tem uma frequência mínima de meia em meia hora; escolas públicas (escolas de frequência obrigatória e jardins de infância); padarias e mercearias; instalações de reciclagem ou serviços para os resíduos sólidos (incluindo contentores de reciclagem).

Considerando que a medida deste indicador de desenvolvimento sustentável é dada pela percentagem de população que reside a menos de 300 metros de algum serviço básico, o seu cálculo baseia-se na Equação (4.26).

$$Pop\ Basc300 = \frac{\sum_{i=1}^k Pop_Resd_i}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.26)$$

Em que,

k - Número de subsecções estatísticas localizadas até 300m de um serviço básico;

Pop_Resd – População residente em cada subsecção estatística;

$Pop\ Total$ – População total residente na zona de estudo.

DI.4.1 Evolução demográfica

Este indicador calcula a taxa de variação média anual do crescimento da população para um determinado período de tempo. Como referido em UN (2007) o indicador sugere uma medida da urbanização e viabiliza a avaliação do nível de sustentabilidade do uso dos recursos do solo, da água, do ar, da energia, entre outros recursos naturais.

Atendendo à medida e objetivo do referido indicador de desenvolvimento sustentável, os dados necessários dizem respeito à evolução temporal da população urbana. De forma a entender a evolução do crescimento populacional dentro da zona de estudo, devem ser

calculadas as respetivas taxas de crescimento acumulado e crescimento médio anual. Este cálculo baseia-se nas Equações 4.27 e 4.28.

$$Taxa\ de\ crescimento\ acumulado = \left[\left(\frac{Pop_Final}{Pop_Inicial} \right) - 1 \right] \times 100 \quad (4.27)$$

Em que:

Pop_Final - População no ano final do período em análise;

Pop_Inicial - População no ano inicial do período em análise.

$$Taxa\ de\ crescimento\ médio\ anual = \left[\left(\frac{Pop_Final}{Pop_Inicial} \right)^{1/n} - 1 \right] \times 100 \quad (4.28)$$

Em que:

Pop_Final - População no ano final do período em análise;

Pop_Inicial - População no ano inicial do período em análise;

n – Número de anos em análise.

D1.4.2 Solo urbanizado

Conforme referido em Berrini *et al.* (2003) o solo urbanizado é entendido por solo modelado artificialmente, ocupado por todo o tipo de construções artificiais, de forma contínua ou descontínua, que impermeabilizam os solos. Deste modo, o solo urbanizado corresponde à área modelada artificialmente como uma percentagem da área total urbana. Pretende-se assim, determinar a percentagem de área urbana artificializada relativamente à área total do perímetro urbano em estudo. Atendendo à definição e unidade de medida do indicador, o seu cálculo tem por base a Equação 4.29.

$$Solo\ Urb = \frac{AreaT\ Artf}{Area\ Urb} \times 100 \quad (4.29)$$

Em que,

AreaT Artf – Área total de solo artificializado;

Area Urb – Área total da zona urbana.

D1.4.3 Intensidade de utilização

O objetivo deste indicador é medir a intensidade de uso do solo, a partir da avaliação da densidade de ocupação humana dentro da zona classificada como solo urbanizado ou artificializado. Atendendo a que a unidade de medida corresponde ao número de habitantes por hectare de área urbanizada, a Equação 4.30 expressa o respetivo cálculo.

$$Intens\ Utilz = \frac{Pop\ Total}{AreaT\ Artf} \quad (4.30)$$

Em que:

Pop Total – População total residente na zona de estudo;

AreaT Artf – Área de solo urbanizado (artificializado).

Além desta medida, é também importante ter em conta a percentagem de uso do solo da cidade comparativamente ao limite administrativo do município (Berrini *et al.*, 2003), de modo a avaliar a intensidade de utilização do solo. Estes autores, segundo o estudo que desenvolveram para várias cidades europeias, identificaram três tipos básicos de áreas urbanas:

- Áreas compactas e densas: grande área sem construção e grande densidade de área construída, por exemplo: Saragoça (5% de uso do solo e 112hab/ha), Biscaia (6% de uso do solo e 92hab/ha), Parma (7% de uso do solo e 94hab/ha), Régio da Emília (9% de uso do solo e 71hab/ha);

- Áreas com baixa ou média intensidade de uso do solo, por exemplo: Tampere (24% de uso do solo e 15hab/ha), Pori (10% de uso do solo e 16 hab/ha), Ferrara (10% de uso do solo e 31 hab/ha), Haemeenlinna (22% de uso do solo e 12 hab/ha), Gdansk (20% de uso do solo e 17 hab/ha);

- Áreas de alta ou média saturação, por exemplo: Norte de Milão (80% de uso do solo e 80hab/ha); Blagoevgrad e Estocolmo (54% e 53% de uso do solo e 66hab/ha e 76hab/ha, respetivamente).

D1.5.1 Alterações do uso do solo

Este indicador avalia a evolução da alteração do uso do solo para um determinado período de tempo. Tem como objetivo obter informação sobre as várias alterações ocorridas nos usos produtivos ou de proteção dos recursos do solo. Esta medida facilita o planeamento sustentável do uso do solo e o desenvolvimento de políticas (UN, 2007). Segundo os autores (UN, 2007), as alterações do uso do solo e o uso insustentável do solo tem efeitos sobre a economia e o ambiente, contribuindo para a degradação do solo, ameaçando os ecossistemas, podendo levar à perda de *habitats* naturais e mudanças de paisagem.

Assim, o indicador mede as alterações na distribuição dos usos e ocupação do solo para caracterizar a evolução da ocupação e uso do solo urbano. É profícuo para a identificação de oportunidades para proteger os usos do solo ou promover a alocação futura. Neste contexto, a unidade de medida é referente à área ocupada por cada tipo de uso do solo, nomeadamente usos produtivos e de proteção dos recursos naturais, relativamente à área total urbana para um dado período de tempo de forma a ser possível analisar a evolução da ocupação do solo.

D2.1.1 População servida com sistemas de abastecimento de água

Este indicador tem por objetivo avaliar a população residente na zona de estudo que é servida por sistemas públicos de abastecimento de água. De acordo com Marcelino *et al.* (2007)

um sistema de abastecimento de água é o conjunto de estruturas e equipamentos que asseguram a conectividade hidráulica e que vinculam o meio hídrico a um conjunto de utilizadores, com o objetivo de prestação de serviços de abastecimento de água potável e/ou bruta. Quanto à rede de abastecimento de água é o conjunto de condutas, estações elevatórias, postos de cloragem de reforço e outros dispositivos acessórios, inseridos na malha urbana, destinados ao transporte e distribuição domiciliária de água para consumo. Assim, pretende-se avaliar a população servida pelo sistema público de abastecimento de água e a integração da rede de abastecimento na malha urbana. Neste sentido, a unidade de medida, dada pela razão entre a população residente cuja habitação está ligada à rede pública de abastecimento de água e a população total residente, calcula o índice de abastecimento e desse modo avalia a cobertura da rede pública de abastecimento de água na zona urbana. O seu cálculo é expresso pela Equação 4.31.

$$IndAbast = \frac{Pop\ RedAbast}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.31)$$

Em que,

Pop RedAbast – População residente com habitação ligada à rede pública de abastecimento de água;

Pop Total – População total residente na zona de estudo.

D2.1.2 População servida com sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais

Este indicador avalia a percentagem de população que é servida por sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas. O índice de drenagem é definido pela razão entre a população cuja residência está ligada à rede pública de drenagem de águas residuais e a população total residente na zona de estudo. De forma análoga, o índice de tratamento é definido pela razão entre a população com habitação ligada a sistemas públicos de tratamento de águas residuais e a população total residente na zona de estudo.

Segundo Marcelino *et al.* (2007), um sistema de drenagem de águas residuais é o conjunto de estruturas e equipamentos que asseguram a conectividade hidráulica e fazem afluir as águas residuais a um meio recetor, com o objetivo de prestação de serviços de drenagem e tratamento de águas residuais. A rede de drenagem de águas residuais é o conjunto de coletores, estações elevatórias, câmaras de visita e outros dispositivos acessórios destinados à drenagem de águas residuais domésticas, urbanas ou industriais. Uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) consiste numa instalação de tratamento, constituída por obras de construção civil e outros equipamentos. O tratamento processa-se através de uma sequência de operações físicas, químicas e biológicas que se dividem em fase líquida (tratamento preliminar, tratamento

primário, tratamento secundário e tratamento terciário) e a fase sólida (desidratação, espessamento e estabilização).

Como referido, é objetivo do indicador analisar a população que é servida pelos sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais e deste modo avaliar a respetiva integração e nível de cobertura destes sistemas na malha urbana. Considerando que a rede pública de drenagem de águas residuais se encontra, de um modo geral, conectada a sistemas públicos de tratamento de águas residuais, propõe-se que o cálculo dos respetivos índices seja efetuado conjuntamente.

Neste contexto, o índice de drenagem e tratamento de águas residuais é estabelecido pela razão entre a população residente com habitação ligada à rede pública de drenagem de águas residuais e a sistemas públicos de tratamento de águas residuais e a população total residente na zona urbana. A Equação 4.32 indica o respetivo cálculo.

$$Ind\ DrenTrat = \frac{Pop\ DrenTrat}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.32)$$

Em que,

Pop DrenTrat – População residente com habitação ligada à rede pública de drenagem de águas residuais e a sistemas públicos de tratamento de águas residuais;

Pop Total – População total residente na zona de estudo.

D2.2.1 Despesa ambiental

Este indicador avalia os custos associados à gestão e proteção ambiental por cada habitante da cidade. Incluem-se no seu cálculo custos relacionados com a proteção da qualidade do ar e clima, da gestão de águas residuais, da gestão de resíduos, da proteção e recuperação de solos, de águas subterrâneas e superficiais, da proteção contra o ruído e vibrações, da proteção da biodiversidade e paisagem, entre outros. Segundo Mega e Pederson (1998) a despesa ambiental por habitante e por ano é um bom indicador do comportamento ambiental da cidade. Assim, este indicador tem por objetivo estudar o comportamento ambiental da cidade e a sustentabilidade urbana, no sentido de se necessário ser melhorado.

O cálculo do indicador baseia-se na despesa ambiental equivalente (EEeq) (Mega e Pederson, 1998), conforme mostra a Equação 4.33.

$$Despesa\ ambiental\ equivalente\ (EEeq) = EE / PopTotal \quad (4.33)$$

Em que,

EE - Despesa ambiental, ou seja, os gastos para a gestão e proteção ambiental;

PopTotal – População total residente na zona de estudo.

D3.1.1 Estrutura da rede viária

Este indicador tem por objetivo analisar a evolução e a ocupação da rede viária, por tipo de via, e a sua distribuição no território. A expansão das áreas urbanas e das infraestruturas de transporte associadas é uma causa importante de alterações ambientais, nomeadamente ao nível da ocupação do solo e da biodiversidade, habitualmente acompanhada de acréscimos no consumo de energia. Esta situação ocorre quando a taxa de afetação dos solos excede a taxa de crescimento demográfico (Marcelino *et al.*, 2007).

A unidade de medida do indicador pretende avaliar o comprimento total de vias existentes na zona urbana, por área de território urbano (Equação 4.34).

$$RedeViar = \frac{Comp\ Vias}{Area\ TotalZE} \quad (4.34)$$

Em que,

Comp Vias – Comprimento total de vias (estradas, autoestradas, vias municipais, arruamentos, etc.) existentes na zona de estudo e operacionais;

Area TotalZE – Área total da zona de estudo.

Considerando a subjetividade da medida deste indicador, por não existirem valores que sirvam de referência para confrontar a dimensão da rede viária para a cidade, o mesmo poderá ser avaliado qualitativamente. Esta avaliação qualitativa, para uma escala de 0 a 1, analisa a cobertura da rede viária na área urbana e adequabilidade da respetiva hierarquia, considerando valores mais altos para uma cobertura adequada à morfologia da zona urbana e valores mais baixos para coberturas menos adequadas à estrutura urbana.

D3.1.2 Solo ocupado por infraestruturas de transporte

Este indicador avalia a área de solo ocupada por infraestruturas de transporte. Portanto, calcula a proporção de área ocupada por todas as infraestruturas de transporte na totalidade da área urbana e por zonas residenciais. Por conseguinte, o respetivo cálculo é equacionado pelo rácio entre a área total ocupada pelas infraestruturas de transporte e a área total da zona urbana (Equação 4.35). A área ocupada pelas infraestruturas de transporte é obtida por medição direta, considerando a respetiva largura de acordo com o tipo de via.

$$Ocup\ InfTransp = \frac{AreaT\ InfTransp}{Area\ TotalZE} \quad (4.35)$$

Em que,

AreaT InfTransp – Área total ocupada pelas infraestruturas de transporte;

Area TotalZE – Área total da zona de estudo.

Considerando a subjetividade da medida deste indicador, por não existirem valores que sirvam de referência de modo a comparar a proporção da área ocupada pelas infraestruturas de transporte relativamente à área total urbana, o mesmo poderá ser avaliado qualitativamente. Esta avaliação qualitativa, para uma escala de 0 a 1, analisa a adequabilidade da largura das vias à respetiva função hierárquica garantindo a integridade no uso do espaço urbano. Assim, consideram-se valores mais altos para uma cobertura adequada à morfologia da zona urbana, com a largura das vias ajustada à respetiva hierarquia; e valores mais baixos para coberturas e estruturas menos adequadas.

D3.2.1 Fragmentação do território pela rede viária

O objetivo deste indicador é analisar o nível de fragmentação do território urbano causado pela rede viária, bem como o efeito sobre a segregação e a dispersão urbana e provocado no património natural (Marcelino *et al.*, 2007).

As infraestruturas rodoviárias desempenham uma função importante na estruturação das cidades por facilitarem as deslocações intraurbanas. No entanto, quando absorvidas pela malha urbana desenvolvem dinâmicas específicas com o espaço intraurbano onde se inserem, com alterações na acessibilidade, na morfologia e no uso e ocupação do solo urbano (Castro *et al.*, 2015). Segundo Marcelino *et al.* (2007) a localização, por vezes inadequada, de autoestradas, aeroportos, portos e outras infraestruturas de transporte associada à expansão urbana, pode gerar impactos negativos não negligenciáveis sobre o património natural, tais como: fragmentação dos habitats, redução na diversidade de algumas espécies e facilitação no aparecimento de outras, alterando conseqüentemente o movimento e a troca genética entre populações, além de outros impactos indiretos desta expansão, como os gerados pelo ruído. Conforme referido em Sousa e Braga (2011), o termo efeito de barreira pode ser traduzido como separação ou descontinuidade na estrutura urbana provocada pelo sistema de transportes. Além da interrupção motivada pelo tráfego, pode igualmente referir-se a qualquer barreira ou impedimento provocado por algum elemento da paisagem decorrente de fenómenos naturais ou obras de engenharia (Sousa e Braga, 2011). O efeito de barreira relaciona-se assim, com qualquer elemento natural ou artificial que impeça a plena movimentação no espaço, funcionando como barreira arquitetónica, urbanística ou ambiental. As principais conseqüências causadas por estas barreiras (Castro *et al.*, 2015; Sousa e Braga, 2011) são a redução da interação social e do uso do espaço público, uma vez que o tráfego inibe ou dificulta a interação social e o uso de modos de deslocação não motorizadas. Para classificar o impacto associado ao efeito de barreira Dron *et al.* (1995) definiram três níveis de impactos:

- primários: redução das deslocações curtas devido à dificuldade em atravessar, ao aumento da distância de percurso e ao perigo de acidentes;
- secundários: mudança na apreensão do espaço local, devido à redução das deslocações e da interação social e à separação das comunidades;
- terciários: modificação do funcionamento do local por alterações do uso do solo.

Também Castro *et al.* (2015), citando outros autores, referem que o efeito de barreira pode atingir três escalas:

- impactos primários, nos quais ocorrem consequências diretas do sistema de transportes e dizem respeito a alterações imediatas na acessibilidade e mobilidade nas margens da via;
- impactos secundários, quando ocorrem alterações nos padrões de viagens e no comportamento dos indivíduos afetados, bem como o impacto na área de influência direta, entendendo-se esta como a área contida numa faixa de 500m ao longo da via;
- impactos terciários, com alterações na estrutura intraurbana.

Os níveis de impacto identificados por Dron *et al.* (1995) e referidos em Castro *et al.* (2015) são similares e incidem essencialmente sobre a relação do peão com a via, a segregação do espaço e alterações do uso do solo.

Segundo os autores deste indicador de desenvolvimento sustentável (Marcelino *et al.*, 2007), a avaliação do impacto das infraestruturas de transporte, como elementos fraturantes sobre a ocupação e o uso do solo, deve ser feita a partir de uma análise qualitativa. No entanto, não é referida qual a escala de avaliação a usar. Entende-se que esta avaliação deve ser feita por confronto entre a distribuição espacial das várias vias urbanas e os diferentes tipos de ocupação e uso do solo, de forma a analisar se as infraestruturas viárias provocam descontinuidade na ocupação e uso do solo e conseqüentemente a segregação urbana e/ou outros tipos de usos. Assim, a escala de avaliação a usar deverá refletir diferentes níveis do impacto da rede viária sobre a estrutura urbana. Deste modo, a análise do indicador é feita com base numa escala contínua qualitativa cujo intervalo de valores varia entre os limites de 1 e 0. No seguimento do exposto, foi criada uma escala de avaliação ordinal (Tabela 4.3) no sentido de tornar possível a avaliação do indicador. Esta escala é composta por cinco níveis de avaliação, sendo que ao maior valor (1,00) corresponde a situação mais favorável e ao menor valor (0,00) a situação mais penalizante, ou seja, menos favorável para o território urbano.

Tabela 4.3 – Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador D3.2.1

| Valor | Níveis de impactos |
|--------------|--|
| 1,00 | A rede viária urbana não constitui obstáculo no atravessamento e na mobilidade adjacente às vias, não provoca segregação social e não contribui para a descontinuidade do tecido urbano e/ou alterações na ocupação e uso do solo. |
| 0,75 | Mais de 25% da rede viária urbana não constitui obstáculo no atravessamento e na mobilidade adjacente às vias, não provoca segregação social, mas até 25% contribui para a descontinuidade do tecido urbano e/ou alterações na ocupação e uso do solo. |
| 0,50 | Até 25% da rede viária urbana constitui obstáculo no atravessamento e na mobilidade adjacente às vias, provoca segregação social e contribui para a descontinuidade do tecido urbano e/ou alterações na ocupação e uso do solo. |
| 0,25 | Mais de 25% da rede viária urbana não constitui obstáculo no atravessamento e na mobilidade adjacente às vias, não provoca segregação social, mas contribui para a descontinuidade do tecido urbano e/ou alterações na ocupação e uso do solo. |
| 0,00 | Mais de 25% da rede viária urbana constitui obstáculo no atravessamento e na mobilidade adjacente às vias, provoca segregação social e contribui para a descontinuidade do tecido urbano e/ou alterações na ocupação e uso do solo. |

Tratando-se de uma avaliação qualitativa, os níveis de avaliação da escala apresentada representam igualmente o modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

D3.3.1.1 Investimentos rodoviários

Este subindicador avalia as despesas anuais para investimentos associados às vias urbanas e respetivo funcionamento. Pretende-se analisar o custo associado ao investimento em novas infraestruturas rodoviárias e também à manutenção das existentes, com alocação parcial para as vias urbanas. De acordo com o definido, o custo associado às vias urbanas diz respeito à despesa efetuada pela administração local para esta rubrica e cuja unidade de medida é dada pelo custo total por residente e por ano (Equação 4.36).

$$Invs_ViasUrb = \frac{Custo_TRd_i}{Pop\ Total} \quad (4.36)$$

Em que,

Custo_TRd_i – Despesa total alocada às vias urbanas para um dado ano *i*;

Pop Total – População total residente na zona urbana.

D3.3.1.2 Investimentos para transportes públicos

É objetivo deste subindicador calcular as despesas anuais associadas ao funcionamento dos transportes públicos. Pretende-se assim, analisar os custos associados à gestão e manutenção das frotas dos transportes públicos (metropolitano, autocarro, comboio, outros). Esta avaliação baseia-se no cálculo do valor do custo total por ano e por residente com alocação parcial para o transporte público (Equação 4.37).

$$Invs_ViasUrb = \frac{Custo_TTP_i}{Pop\ Total} \quad (4.37)$$

Em que,

$Custo_TTP_i$ – Despesa total alocada ao funcionamento dos transportes públicos urbanos para um dado ano i ;

$Pop\ Total$ – População total residente na zona urbana.

Considerando que, em geral as entidades gestoras dos transportes públicos não publicam o valor total despendido para o funcionamento dos transportes públicos, a avaliação quantitativa deste subindicador fica comprometida na medida em que não existem valores que sirvam de referência para com os calculados para a zona de estudo. Neste âmbito e na impossibilidade de obter valores, propõe-se uma avaliação qualitativa, para uma escala de 0 a 1. Considerando que o nível de serviço prestado pelos transportes públicos está diretamente relacionado com a despesa, os valores mais altos correspondem a uma boa cobertura e qualidade dos transportes públicos e os valores mais baixos quando os serviços de transporte público são pouco funcionais.

D3.4.1 Consumo de espaço público para estacionamento

A análise deste indicador tem por objetivo medir o consumo individual diário de espaço público envolvido em estacionamento e de acordo com o tipo de transporte utilizado (Nicolas *et al.*, 2003), no sentido de melhorar a habitabilidade, reduzindo o espaço público ocupado por veículos motorizados (Mameli e Marletto, 2009). Os vários autores deste indicador de desenvolvimento sustentável (Mameli e Marletto, 2009; Nicolas *et al.*, 2003) apresentam unidades de medida distintas para o seu cálculo. Segundo Nicolas *et al.* (2003) a unidade de medida corresponde à área ocupada por tempo de ocupação ($m^2 \cdot h$). Por outro lado, Mameli e Marletto (2009) referem como unidade de medida o número de veículos por área ($N.^{\circ}$ de veículos/ m^2). Apesar das divergências na definição da unidade de medida, o objetivo é semelhante: medir o espaço ocupado para estacionamento de veículos motorizados. No entanto, considerou-se mais adequada a medida apresentada em Nicolas *et al.* (2003). Assim, propõe-se o formulário transcrito pela Equação 4.38 e apresentado em Nicolas *et al.* (2003).

$$Cs_i = \frac{S_i h_i}{n_i} \quad (4.38)$$

Em que,

S_i – Área ocupada por um lugar (m^2);

h_i – Tempo de estacionamento (h);

n_i – Taxa de ocupação do carro (número de ocupantes).

D4.1.1 Distribuição modal por viagem

Este indicador analisa o uso de diferentes modos de transporte por viagem e/ou por diferentes distâncias associadas a cada viagem, dentro da área urbana. Relaciona-se, portanto, com a organização da mobilidade urbana (Nicolas *et al.*, 2003) e estuda os hábitos de transporte da população urbana, facultando informação sobre a importância relativa dos diferentes modos de transporte de passageiros (UN, 2007). Neste contexto, o indicador é medido pela percentagem de utilização dos diferentes modos de transporte utilizados por cada viagem (Berrini *et al.*, 2003). Os dados para o respetivo cálculo provêm de informação estatística ou de inquéritos realizados aos moradores na zona urbana em análise.

D4.2.1 Acidentes de trânsito

Este indicador avalia a percentagem de acidentes de trânsito *per capita* registados anualmente no meio urbano e dos quais resultaram vítimas (feridos ou mortos). Deste modo, analisa a sinistralidade rodoviária no sentido de aumentar a segurança rodoviária urbana. O seu cálculo baseia-se no número de acidentes rodoviários urbanos ocorridos no período de 1 ano, ou no cálculo da sua média anual, podendo ainda ser calculado um índice relativo a um ano-base (Marcelino *et al.*, 2007). Assim, propõe-se como fórmula de cálculo a Equação 4.39.

$$Acid_Trans = \frac{N_Acid}{Pop\ Total} \times 100 \quad (4.39)$$

Em que,

N_Acid – Número médio anual de acidentes de trânsito com vítimas ocorridos dentro da cidade;

$Pop\ Total$ – População total residente na zona urbana.

D4.3.1.1 Número de viagens diárias (Transporte público)

O principal objetivo deste subindicador direciona-se para a análise do número médio de viagens realizadas em transporte público, por pessoa, a partir do local de residência (centro ou periferia). Neste âmbito, a respetiva unidade de medida (Berrini *et al.*, 2003) é expressa pela Equação 4.40.

$$V_TPU = \frac{N_VigDiaPU}{Pop\ TPublc} \quad (4.40)$$

Em que,

$N_VigDiaPU$ – Número de viagens urbanas realizadas diariamente em transporte público;

$Pop\ TPublc$ – População residente na zona de estudo que utiliza o transporte público para as suas deslocações urbanas.

D4.3.1.2 Número de viagens diárias (Transporte privado)

Este subindicador tem por objetivo quantificar o número médio de viagens urbanas realizadas diariamente por pessoa em transporte privado. Neste contexto, o respetivo cálculo é apresentado pela Equação 4.41.

$$V_{TP} = \frac{N_{VigDiaP}}{Pop TPrivd} \quad (4.41)$$

Em que,

$N_{VigDiaP}$ – Número de viagens urbanas realizadas diariamente em transporte privado;

$Pop TPrivd$ – População residente na zona de estudo que utiliza o transporte privado para as suas deslocações urbanas.

D4.3.2 Utilização de carro privado

Este indicador tem por objetivo caracterizar o comportamento dos cidadãos no que diz respeito à utilização de carro próprio para as deslocações dentro da área urbana. Neste âmbito, propõe a análise relativamente ao número de passageiros transportados, ao motivo para a preferência deste meio de transporte e o tipo de parque de estacionamento utilizado.

Dadas as características do indicador, o seu cálculo resulta da análise de inquéritos realizados à população residente na zona urbana em estudo. Considerando que a respetiva unidade de medida é do tipo qualitativa, a mesma deve ser avaliada numa escala com valores entre 0 e 1, correspondendo o valor 0 a grande frequência de utilização do carro privado e o valor 1 à baixa frequência de uso do transporte privado. Assim, valores mais baixos adaptam-se a princípios de utilização do carro com menor valor sustentável e valores mais altos a um modelo de mobilidade urbana com preocupações de sustentabilidade. Segundo *World Business Council for Sustainable Development*, a mobilidade sustentável pode ser entendida por “a capacidade de dar resposta às necessidades da sociedade em deslocar-se livremente, aceder, comunicar, transacionar e estabelecer relações, sem sacrificar outros valores humanos e ecológicos, hoje e no futuro”.

No seguimento do exposto, foi criada uma escala de avaliação ordinal (Tabela 4.4) no sentido de tornar possível a avaliação do indicador. Esta escala qualitativa avalia a utilização do carro privado (n.º de passageiros, motivo da preferência por este meio de transporte, tipo de parque de estacionamento usado) no ambiente urbano.

Tratando-se de uma avaliação qualitativa, os níveis de avaliação da escala apresentada representam igualmente o modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

Tabela 4.4 – Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador D4.3.2

| Valor | Níveis de frequência de utilização de carro privado |
|--------------|--|
| 1,00 | Baixa utilização do carro privado. Utilização do carro privado casualmente, existência de taxas de estacionamento na totalidade dos locais da cidade, lotação total do veículo (número completo de passageiros). |
| 0,75 | Utilização do carro privado pouco frequente, existência de taxas de estacionamento na maior parte dos locais da cidade, entre 1 a 4 passageiros. |
| 0,50 | Utilização do carro privado frequente (na maioria dos dias), quase sem taxas de estacionamento (apenas em alguns locais da cidade), entre 1 a 3 passageiros. |
| 0,25 | Utilização do carro privado muito frequente (uso diário), quase sem taxas de estacionamento (apenas em alguns locais da cidade), entre 1 a 2 passageiros. |
| 0,00 | Elevada utilização do carro privado. Utilização do carro privado muito frequente (uso diário), ausência de taxas de estacionamento, ausência de passageiros (veículo ocupado apenas pelo condutor). |

D4.4.1 Tempo de viagem

Este indicador avalia o tempo despendido diariamente por cada cidadão para as suas deslocações dentro da zona urbana em transporte motorizado. De considerar que as diferenças entre o tempo despendido em cada viagem e as distâncias percorridas podem ser explicadas, não apenas pela velocidade de deslocação mas também pelos diferentes entendimentos que os cidadãos têm das distâncias cobertas diariamente, especialmente quando estão em causa viagens não sistemáticas (Berrini *et al.*, 2003). A recolha dos dados necessários ao cálculo do indicador exige a realização de inquéritos à população residente na zona urbana em estudo.

D4.4.2.1 Distância média diária percorrida (Viagens motorizadas)

Pretende-se com este subindicador avaliar a distância média percorrida diariamente por cada cidadão em veículos motorizados dentro do espaço urbano. Segundo Nicolas *et al.* (2003) o contexto urbano e especialmente o tamanho da cidade, desempenham um papel determinante que pode afetar notavelmente os indicadores referentes à mobilidade sustentável.

A obtenção de dados para o cálculo do subindicador baseia-se em inquéritos realizados à população residente na zona urbana, de forma a caracterizar os hábitos de deslocação dos cidadãos. Com base nos inquéritos aos agregados familiares é construída a matriz origem-destino.

D4.4.2.2 Distância média diária percorrida (Viagens não motorizadas)

Este subindicador tem por objetivo quantificar as distâncias percorridas diariamente por cada cidadão dentro da área urbana em modos não motorizadas. Entende-se por viagens em modos não motorizados, as viagens pedonais e de bicicleta. Para calcular o subindicador devem ser realizados inquéritos aos agregados familiares, de forma a avaliar a distância média percorrida diariamente por este meio de deslocação na zona urbana.

Na impossibilidade de obter dados para o cálculo do subindicador, propõe-se uma avaliação qualitativa, para uma escala de 0 a 1. Considerando que a prática da mobilidade por modos não motorizados está diretamente relacionada com as infraestruturas que a cidade oferece, ou seja, com as políticas urbanas implementadas no sentido de promover a mobilidade ciclável e pedonal, criou-se uma escala de avaliação ordinal (Tabela 4.5) de modo a avaliar o subindicador. Assim, devem ser analisadas as condições existentes na cidade que fomentem o uso destes modos de deslocação urbana e que permitam aumentar a distância média diária percorrida. Portanto, o nível de sustentabilidade da cidade será elevado caso existam condições que promovam a prática de deslocação por modos não motorizados; por outro lado, a cidade terá nível de sustentabilidade baixo para condições fracas ou inexistentes de promoção da mobilidade urbana por modos não motorizados.

Tabela 4.5 – Escala de avaliação qualitativa para a análise do subindicador D4.4.2.2

| Valor | Análise das condições existentes para incentivar e aumentar a distância média diária percorrida |
|--------------|--|
| 1,00 | Existem várias ruas e espaços exclusivamente pedonais ou de acesso condicionado a veículos motorizados e passeios largos e desobstruídos ao longo dos arruamentos da cidade; existem equipamentos, sistemas e infraestruturas de apoio à mobilidade ciclável; existem políticas urbanas bem implementadas para promover a mobilidade ciclável e pedonal. |
| 0,75 | Existe um número muito reduzido de ruas e espaços exclusivamente pedonais ou de acesso condicionado a veículos motorizados e passeios por vezes obstruídos ao longo dos arruamentos da cidade; os equipamentos, sistemas e infraestruturas de apoio à mobilidade ciclável estão restritos apenas a uma zona da cidade; as políticas urbanas implementadas para promover a mobilidade ciclável e pedonal são pouco eficientes. |
| 0,50 | Não existem ruas e espaços exclusivamente pedonais ou de acesso condicionado a veículos motorizados; existem passeios ao longo dos arruamentos da cidade com larguras variáveis e por vezes obstruídos; os equipamentos, sistemas e infraestruturas de apoio à mobilidade ciclável são reduzidos e restritos a uma dada zona da cidade; as políticas urbanas implementadas para promover a mobilidade ciclável e pedonal são fracas. |
| 0,25 | Não existem ruas e espaços exclusivamente pedonais ou de acesso condicionado a veículos motorizados; os passeios ao longo dos arruamentos da cidade são estreitos e por vezes obstruídos; não existem equipamentos, sistemas e infraestruturas de apoio à mobilidade ciclável; as políticas urbanas implementadas para promover a mobilidade ciclável e pedonal são insuficientes. |
| 0,00 | Não existem ruas e espaços exclusivamente pedonais ou de acesso condicionado a veículos motorizados e os passeios são estreitos ou inexistentes ao longo dos arruamentos da cidade; não existem equipamentos, sistemas e infraestruturas de apoio à mobilidade ciclável; não existem políticas urbanas implementadas para promover a mobilidade ciclável e pedonal. |

Tratando-se de uma avaliação qualitativa, os níveis de avaliação da escala apresentada representam igualmente o modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

D4.5.1 Congestionamento

Este indicador tem como objetivo analisar a capacidade dos veículos motorizados se movimentarem na zona urbana. Por conseguinte, avalia o nível de congestionamento do tráfego urbano de modo a facilitar a mobilidade urbana motorizada.

Segundo o estudo desenvolvido pelos autores do indicador (Mameli e Marletto, 2009), a respetiva análise baseou-se na transformação das respostas qualitativas em *scores* gerando dois *rankings*. Um direcionado para as dimensões de sustentabilidade: ambiental, social (habitabilidade e acessibilidade) e económica. A outra avaliação (*ranking*), também qualitativa, serviu para avaliar os objetivos relacionados com os indicadores. Consequentemente, entende-se que a avaliação do indicador deve basear-se numa escala qualitativa, com valores entre 0 e 1, que permita classificar a cidade dentro dos padrões de mobilidade sustentável para a variável urbana do congestionamento. Assim, ao valor 0 corresponde uma situação de tráfego bastante intenso, com grande congestionamento, impedindo a fluidez automóvel nas vias urbanas e que corresponde a um modelo de mobilidade urbana insustentável. O valor 1, relativo à situação oposta, corresponde à ausência ou quase ausência de congestionamento do tráfego urbano, com fácil fluidez de circulação, respeitante a um modelo de mobilidade urbana sustentável. A recolha da informação necessária à análise do indicador deve ser feita através de inquéritos realizados à população residente na zona urbana em estudo.

No seguimento do exposto, foi criada uma escala de avaliação ordinal (Tabela 4.6) no sentido de tornar possível a avaliação do indicador. Esta escala qualitativa avalia a capacidade dos veículos se movimentarem na área urbana. No entanto, a avaliação para a cidade deverá procurar ter uma visão global para toda a cidade e não necessariamente dos pontos críticos do tráfego.

Tabela 4.6 - Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador D4.5.1

| Valor | Níveis de fluidez do tráfego rodoviário |
|--------------|---|
| 1,00 | Nada intenso - O tráfego flui normalmente sem paragens. |
| 0,75 | Moderadamente intenso - O tráfego flui com regularidade registando-se paragens pontuais de curta duração. |
| 0,50 | Intenso - O tráfego flui com alguma dificuldade, registando paragens de duração média. |
| 0,25 | Muito intenso - O tráfego flui com muita dificuldade, registando-se paragens de longa duração. |
| 0,00 | Extremamente intenso - Grande concentração de tráfego, com escoamento do tráfego muito dificultado. |

Tratando-se de uma avaliação qualitativa, os níveis de avaliação da escala apresentada representam igualmente o modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

D4.6.1 Custos para a comunidade

Este indicador avalia os custos anuais, livres de impostos de modo a evitar a duplicação, exigidos aos moradores da área urbana para a sua mobilidade nesta zona. Estes custos estão associados a taxas locais exigidas para a deslocação, portagens, etc. O modo de obtenção dos dados de forma a ser tratado o indicador é feito pela medição direta dos valores cobrados.

Do ponto de vista económico, o objetivo é determinar a relação custo-eficiência das viagens dentro da área urbana a partir de uma análise detalhada do seu custo global por um lado, e do custo por modo de transporte por outro lado (Nicolas *et al.*, 2003). Do ponto de vista da sustentabilidade da cidade, este indicador pode ser visto como uma forma de desencorajar o uso do transporte privado dentro da cidade e deste modo reduzir os efeitos nefastos provocados pelo tráfego.

Considerando o exposto, para a avaliação do indicador de desenvolvimento sustentável propõe-se a utilização de uma escala nominal com valores 0 e 1. Assim, quando são aplicadas taxas para a mobilidade urbana atribui-se o valor 1 (maior sustentabilidade urbana) e o valor 0 é atribuído para a ausência de taxas (menor sustentabilidade urbana).

Tratando-se de uma escala nominal, os dois níveis de avaliação da escala correspondem também ao modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

D4.6.2.1 Despesas para transporte público

Este subindicador tem por objetivo avaliar a despesa média anual por família para transporte público urbano. Para o respetivo cálculo devem ser realizados inquéritos à população residente na zona de estudo, de modo a estimar os custos por agregado familiar, associados ao uso do transporte público para as deslocações urbanas.

D4.6.2.2 Custo de utilização de veículo privado

É objetivo deste subindicador calcular as despesas variáveis associadas ao uso de carro próprio para a mobilidade urbana. Como despesas variáveis considera-se o gasto médio anual por agregado familiar com combustível para uso de carro próprio. Segundo Nicolas *et al.* (2003) esta medida pode ser estimada com base na quilometragem total urbana realizada anualmente por cada família e o consumo unitário de combustível dependendo do modelo de carro. A realização de inquéritos aos agregados familiares possibilita os dados, de modo a apurar os gastos médios anuais por família com combustível.

Além dos gastos em combustíveis podem ser associadas ao uso de carro próprio outros custos fixos (Nicolas *et al.*, 2003) alocados à mobilidade urbana, como: compra, reparação e manutenção, seguros, imposto de circulação, etc., cujo valor seria proporcional à percentagem de quilómetros totais do carro. De acordo com os autores, a recolha de dados em inquéritos

sobre o consumo das famílias e em inquéritos nacionais do transporte, complementados por dados de fabricantes de automóveis permite trabalhar os custos fixos (compra, reparação e manutenção, seguros, imposto de circulação) de acordo com as diferentes categorias de rendimento médio familiar vs. nível de motorização.

Contudo, apesar da indicação pelos autores do cálculo dos custos fixos associados ao uso de carro próprio, considera-se ser muito difícil desagregar estes custos por ambiente de mobilidade, urbano e não urbano. Pelo contrário, entende-se que a segregação dos custos para os combustíveis associados à mobilidade urbana é mais simples, pelo que se propõe que o cálculo do subindicador deve incidir unicamente no consumo de combustível.

D4.6.2.3 Custos de estacionamento

Este subindicador calcula o custo médio diário para estacionamento, considerando os custos de estacionamento por hora na zona urbana.

Esta medida é estimada com base no número de viagens que um condutor realiza diariamente usando estacionamento pago (Nicolas *et al.*, 2003). Tendo em conta que o subindicador está relacionado com os custos associados à mobilidade urbana, suportados pelos agregados familiares, os dados necessários ao seu cálculo podem ser obtidos por inquérito realizado à população residente na zona urbana ou por medição direta.

D4.6.2.4 Estacionamento residencial

Este subindicador avalia os custos anuais de estacionamento no local de residência, tendo em conta o número de carros por agregado familiar. A unidade de medida é dada pelo produto entre o montante despendido por cada unidade de consumo (carro) e o número de veículos pertencentes ao agregado familiar. Estes valores devem ser apurados a partir de informação recolhida por inquéritos realizados aos agregados familiares residentes na zona urbana ou por consulta do Regulamento de Taxas aplicadas à zona urbana, caso este exista.

D4.7.1 Estacionamento público

Este indicador tem como objetivo analisar os lugares de estacionamento disponíveis na zona urbana e avaliar a taxa de ocupação diária do estacionamento público. Segundo Nicolas *et al.* (2003) é importante diferenciar a ocupação diurna da ocupação noturna, de modo a calcular a taxa de ocupação para os dois períodos (diurno e noturno). Os dados necessários devem ser recolhidos por medição direta ou pela realização de inquéritos aos agregados familiares.

Considera-se que o levantamento total do número de lugares de estacionamento disponíveis na cidade, bem como o respetivo tempo de ocupação por lugar, constitui uma tarefa difícil de conseguir com o rigor necessário para a avaliação do indicador. Por conseguinte, propõe-se que o indicador seja avaliado com recurso a uma escala qualitativa ordinal, com

valores entre 0 e 1, considerando a oferta de lugares de estacionamento e as políticas de gestão associadas ao estacionamento urbano. No pressuposto de que o desenvolvimento sustentável da cidade está relacionado com políticas de mobilidade urbana mais sustentáveis, expressas pela utilização eficiente das infraestruturas e pelo dimensionamento da oferta de estacionamento; considerando a necessidade de proteger determinadas áreas da cidade e introduzindo condicionantes à acessibilidade em transporte individual, criou-se uma escala qualitativa ordinal de modo a avaliar o indicador. Assim, o valor a atribuir ao indicador deverá ser proporcional às condições de oferta de estacionamento público. Ou seja, melhores e mais adequadas condições, maior valor; para situações de oferta deficitária, menor valor. A Tabela 4.7 mostra a escala de avaliação qualitativa criada. A escrita dos parâmetros diferenciadores para cada nível de avaliação que compõem a escala qualitativa (Tabela 4.7) baseou-se em documentos do Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT, 2011a, 2011b).

Tabela 4.7 - Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador D4.7.1

| Valor | Análise da oferta de estacionamento público |
|--------------|---|
| 1,00 | A oferta de lugares de estacionamento é adequada à procura e responde às diferentes situações (zonas residenciais, zonas de comércio, serviços e equipamentos, zonas centrais ou periféricas, zonas junto a interfaces de transporte, etc.); promove a rotatividade (estacionamento ou paragem de curta duração, cargas/descargas); favorece os usos definidos como prioritários (residentes ou visitantes) e desincentiva o estacionamento de emprego; existe equilíbrio das taxas praticadas quer em lugares de rua, quer em parques localizados no centro normalmente concessionados. |
| 0,75 | A oferta de lugares de estacionamento é adequada à procura e responde às diferentes situações (zonas residenciais, zonas de comércio, serviços e equipamentos, zonas centrais ou periféricas, zonas junto a interfaces de transporte, etc.); promove a rotatividade (estacionamento ou paragem de curta duração, cargas/descargas); existe política de estacionamento residencial; não existem políticas de desincentivo ao estacionamento de longa duração (emprego); existe equilíbrio das taxas praticadas quer em lugares de rua, quer em parques localizados no centro normalmente concessionados. |
| 0,50 | Oferta de lugares de estacionamento desadequada em algumas zonas da cidade; a rotatividade (estacionamento ou paragem de curta duração, cargas/descargas) é dificultada em algumas zonas da cidade remetendo estas funções para a segunda fila de estacionamento; existe política de estacionamento residencial; não existem políticas de desincentivo ao estacionamento de longa duração (emprego); desigualdade de taxas aplicadas ao estacionamento, em função da localização e tipo de aparcamento. |
| 0,25 | Oferta de lugares de estacionamento desajustada às necessidades e situações das diferentes zonas da cidade (maior oferta de lugares em algumas zonas em detrimento de outras); existe política de estacionamento residencial; a oferta de lugares e as taxas praticadas em lugares de rua e nas zonas centrais não promovem a rotatividade nem desincentivam o estacionamento de longa duração (de emprego). |
| 0,00 | Oferta de lugares de estacionamento insuficiente ou excessiva; tarifas muito elevadas ou reduzidas; desequilíbrio da oferta e prática de menores taxas para lugares à superfície incentivando o estacionamento de longa duração; prática de preços elevados em parques concessionados remetendo o estacionamento de curta duração para estes lugares; funções de carga e descarga conduzida para a segunda fila de estacionamento. |

Tratando-se de uma avaliação qualitativa, os níveis de avaliação da escala apresentada representam igualmente o modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

D4.8.1 Taxas locais

Este indicador tem como objetivo avaliar os custos diários em transportes públicos para a mobilidade urbana e o valor da respetiva fração nas despesas diárias da população. Para o cálculo do indicador consideram-se duas viagens diárias. Os dados necessários baseiam-se em informação recolhida por medição direta e/ou junto da autoridade de transportes públicos locais.

D4.9.1 Qualidade do ar

Este indicador avalia o número de dias ou horas em que o valor limite definido por lei é excedido na zona urbana para os seguintes poluentes do ar: dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogénio (NO₂), partículas em suspensão (PM10), monóxido de carbono (CO) e ozono (O₃).

O indicador proporciona uma medida do estado ambiental em termos da qualidade do ar e é uma medida indireta da exposição da população à poluição do ar e de preocupação com a saúde nas áreas urbanas. Analisa a qualidade do ar, tal como definido pela Diretiva Quadro Comunitária sobre a Qualidade do Ar Ambiente (96/62/EC) (UE, 1996), revista pela Diretiva 2008/50/CE (UE, 2008) e consequentes diretivas, de forma a evitar, prevenir ou reduzir as repercussões negativas na saúde das pessoas e do ambiente como um todo. É objetivo do indicador melhorar a qualidade do ar e avaliar o número de vezes em que os valores-limite da emissão de poluentes atmosféricos definidos por lei são ultrapassados. Desta forma, a unidade de medida do indicador traduz-se pelo cálculo do número de dias ou horas ao ano em que os valores ultrapassam os parâmetros normais e definidos por lei. Entende-se por número de vezes em que o limite é excedido, pelo número de vezes em que o valor-limite é excedido para cada poluente selecionado menos o número de vezes permitido pelas diretivas provenientes da Diretiva 96/62/EC revista por 2008/50/CE. Este número é calculado de acordo com um período de referência estabelecido pela diretiva: diariamente, 8 horas e hora a hora, de acordo com os diferentes parâmetros. Quando o número de vezes em que o limite excedido é menor que o permitido pela diretiva, é considerado igual a zero (Berrini *et al.*, 2003).

Considerando a descrição do indicador de desenvolvimento sustentável, para a respetiva avaliação propõe-se a utilização de uma escala nominal com valores 0 e 1. Assim, atribui-se o valor 1 se os valores-limite da emissão de poluentes atmosféricos definidos por lei nunca foram ultrapassados ao ano e o valor 0 quando algum dos valores-limite da emissão de poluentes atmosféricos definidos por lei foi excedido.

Tratando-se de uma escala nominal, os dois níveis de avaliação da escala correspondem também ao modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

D4.9.2 Emissão de gases poluentes

Este indicador tem por objetivo analisar o consumo anual de energia e as emissões de dióxido de carbono (CO₂). Neste contexto, mede os seis principais gases com efeito de estufa que têm impacto direto sobre as alterações climáticas: dióxido de carbono (CO₂), gás metano (CH₄), óxido de nitrato (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF₆). O dióxido de carbono (CO₂) é conhecido por ser o mais importante, em termos de impacto sobre o aquecimento global, gás antropogénico com efeito de estufa. As emissões de CH₄, N₂O, HFCs e SF₆ podem ser convertidas em equivalentes de CO₂, utilizando os chamados potenciais de aquecimento global (GWPs) previstos na avaliação do Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas. Pretende-se assim, com este indicador, avaliar a contribuição das cidades para a alteração do clima global, reduzir os poluentes do ar gerados pela mobilidade urbana e medir o impacto direto sobre as alterações climáticas dos principais gases com efeito de estufa.

O método de cálculo tem particular importância neste caso, dado que o objetivo não é apenas quantificar as emissões, mas também as fontes de emissão (setores e vetores) de CO₂. O valor da medida corresponde a emissões anuais: g/m² por área total e por residente. Os valores das emissões de gases podem ser estimados com base no modo de transporte utilizado, distância de viagem e o consumo unitário de combustível, de acordo com as características do veículo usado (carro: por cavalos de potência, idade, tipo de combustível utilizado; moto de 2 rodas: <50cm³, >=50cm³; ou transporte público urbano).

D4.9.3 Resíduos gerados pelo transporte

É objetivo deste indicador reduzir os resíduos gerados pela mobilidade urbana, avaliando os resíduos gerados pelos transportes. Refira-se que os autores (Mameli e Marletto, 2009) na definição do indicador não explicitam quais os tipos de resíduos a quantificar para a respetiva avaliação. No entanto, desenvolveram um estudo no qual realizaram a avaliação qualitativa do indicador para estimar os objetivos pretendidos. Neste contexto, propõe-se que o indicador seja avaliado segundo uma escala qualitativa. No seguimento, considerando a Diretiva 2000/CE do Parlamento Europeu, Artigo 7.º, foi criada uma escala de avaliação qualitativa ordinal que se apresenta na Tabela 4.8.

Tratando-se de uma avaliação qualitativa, os níveis de avaliação da escala apresentada representam igualmente o modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

Tabela 4.8 - Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador D4.9.3

| Valor | Níveis de reutilização dos resíduos dos transportes |
|-------|--|
| 1,00 | Reutilização e valorização dos veículos em fim de vida com um mínimo de 95 % e reutilização e reciclagem com um mínimo de 85 %. |
| 0,75 | Reutilização e valorização dos veículos em fim de vida com um mínimo de 90 % e reutilização e reciclagem com um mínimo de 80 %. |
| 0,50 | Reutilização e valorização dos veículos em fim de vida com um mínimo de 80 % e reutilização e reciclagem com um mínimo de 75 %. |
| 0,25 | Reutilização e valorização dos veículos em fim de vida não inferiores a 70 % e não inferiores a 65 % para a reutilização e reciclagem. |
| 0,00 | Reutilização e valorização dos veículos em fim de vida inferiores a 65 % e inferiores a 60 % para a reutilização e reciclagem |

A Diretiva 2000/53/CE do Parlamento Europeu, Artigo 7.º refere que: “O mais tardar até 1 de Janeiro de 2015, a reutilização e valorização de todos os veículos em fim de vida deve ser aumentada para um mínimo de 95 %, em massa, em média, por veículo e por ano. Dentro do mesmo período, a reutilização e reciclagem deve ser aumentada para um mínimo de 85 % em massa, em média, por veículo e por ano.” Assim, associou-se ao *score* 1,00, o requisito desta Diretiva. Para os restantes valores de *score* foram considerados menores valores percentuais, por serem medidas de menor exigência para a sustentabilidade urbana.

D4.9.4 Ruído urbano

O indicador analisa a poluição sonora a nível local, de acordo com o definido pela Diretiva Europeia 2002/49/EC, observando o ruído resultante do tráfego aéreo, rodoviário e ferroviário. Assim, é objetivo do indicador melhorar o ambiente local pela redução do ruído e calcular a percentagem de população exposta a ruídos prejudiciais, gerados pela mobilidade e que afetam a habitabilidade urbana. De acordo com Berrini *et al.* (2003) a análise do indicador deve considerar os seguintes itens: 1) o número estimado de pessoas que vivem em habitações expostas a cada uma das seguintes bandas de valores: L_{den} em dB(A): 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 separadamente para ruído da estrada, da linha férrea e do tráfego aéreo; 2) o número total estimado de pessoas que vivem em habitações expostas a cada uma das seguintes bandas de valores: L_{night} em dB(A): 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 separadamente para ruído da estrada, da linha férrea e do tráfego aéreo; 3) a proporção de medições correspondentes a cada uma das bandas de valores mencionados de L_{den} e L_{night} e o número total de medições efetuadas; 4) a existência e os valores correspondentes à implementação percentual para cada medida/ação identificada num plano/programa de ação.

Considerando a descrição do indicador de desenvolvimento sustentável e a importância para a qualidade de vida da população no cumprimento dos valores limite estabelecidos por lei, Diretiva Europeia 2002/49/EC e Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro, entendeu-se que a

avaliação deveria considerar uma escala nominal com valores 0 e 1. Assim, atribui-se o valor 1 se os valores limite de ruído são cumpridos em toda a zona urbana e o valor 0 caso se identifique alguma zona urbana onde os valores limite de ruído são excedidos.

Tratando-se de uma escala nominal, os dois níveis de avaliação da escala correspondem também ao modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

D4.10.1 Deslocações pedonais e de bicicleta

O objetivo deste indicador é avaliar a percentagem de população que usa meios de transporte “amigos do ambiente” para a mobilidade urbana, definida como a mobilidade para deslocações e necessidades básicas. Deste modo, o indicador propõe-se a reduzir o uso desnecessário de veículos motorizados, melhorar a acessibilidade e também facilitar a mobilidade urbana não motorizada. Assim, a unidade de medida do indicador corresponde à percentagem de população que anda a pé ou de bicicleta nas suas deslocações dentro do espaço urbano. Os dados para o cálculo do indicador podem ser conseguidos a partir da realização de inquéritos à população residente na zona urbana.

D4.11.1 Consumo de combustível

Este indicador tem como objetivo estimar o combustível utilizado por unidade de quilómetro percorrido, por unidade de passageiro por quilómetro transportado e por modo de transporte. Corresponde à energia equivalente (Eeq) que é expressa em toneladas equivalente de petróleo (tep), por ano, por habitante. Estes dados consideram apenas a energia gasta para o transporte. Desta forma, o indicador mede a quantidade de energia utilizada para deslocar pessoas e bens. O consumo de energia reflete a quantidade de emissões de CO₂.

D4.12.1 Acessibilidade à informação

É objetivo do indicador melhorar as alternativas para a mobilidade urbana, nomeadamente o uso do transporte público, aumentando os meios de divulgação e disponibilização da informação. Por conseguinte, o indicador analisa a eficácia na comunidade da informação facultada pelos serviços públicos e privados e acessíveis via telefone e por computador.

A recolha de dados para o cálculo baseia-se em inquéritos realizados à população residente na zona de estudo. De forma a analisar o indicador, deve considerar-se uma escala que avalie o grau de satisfação da população com a informação disponível e respetiva acessibilidade, sendo que a medida de avaliação corresponde à percentagem de população. Assim, a satisfação dos cidadãos com a informação disponível vai desde os níveis baixos de satisfação (baixas percentagens) até níveis mais elevados de satisfação (maiores percentagens). O valor a atribuir ao indicador deverá corresponder à percentagem de população satisfeita com

o serviço de informação. A insatisfação dos cidadãos pode dever-se por exemplo, à ausência de informação disponível via telefone ou internet ou de difícil acesso; enquanto que os valores mais altos de satisfação podem resultar da facilidade de acesso, como o uso de plataformas informáticas e também da qualidade e perceção da informação disponibilizada.

D4.13.1 Quantidade e qualidade do transporte público

Este indicador analisa o desempenho dos transportes públicos no sentido de facilitar o seu uso e melhorar o serviço prestado, a partir da avaliação da cobertura e qualidade na respetiva oferta para a zona urbana.

A recolha de dados para a análise do indicador deve basear-se em informação recolhida a partir de inquéritos realizados à população que utiliza os transportes públicos na área urbana. Para a análise do indicador, deve considerar-se uma escala que avalie o grau de satisfação da população com o desempenho dos transportes públicos, sendo que a medida de avaliação corresponde à percentagem de população satisfeita. Assim, a satisfação dos cidadãos com o serviço de transporte público vai desde os níveis baixos de satisfação (baixas percentagens) até níveis mais elevados de satisfação (maiores percentagens). O valor a atribuir ao indicador deverá corresponder à percentagem de população satisfeita com o transporte público.

D5.1.1 Área protegida

É objetivo deste indicador identificar as zonas protegidas existentes na zona urbana e avaliar a ocupação das áreas protegidas como uma percentagem da área total urbana. Deste modo, avalia-se o nível de cumprimento das normas de proteção estabelecidas para estas áreas. Incluem-se nas zonas de proteção a Reserva Agrícola Nacional (RAN) e a Reserva Ecológica Nacional (REN), bem como outras que estejam identificadas localmente.

D5.2.1 Gestão de áreas protegidas

Este indicador mede a eficácia com que as áreas protegidas são geridas num contexto de planeamento e *design*, entrada de recursos, gestão de processos, entrega de bens e serviços, e os resultados da conservação das áreas protegidas. A eficácia da gestão das áreas protegidas é um importante indicador de como estas áreas representam a preservação da biodiversidade. Para determinar se esta é uma estratégia de sucesso é necessário conhecer não apenas a área e os sistemas que abrange, mas também se estas são geridas de forma eficaz.

De forma a ser possível a avaliação deste indicador deve ser criada uma escala qualitativa para classificar as medidas de gestão das áreas protegidas, atendendo a normas em vigor, à existência de planos e regulamentos locais. No seguimento do exposto, foi criada uma escala de avaliação qualitativa ordinal (Tabela 4.9) no sentido de tornar possível a análise do indicador.

Esta escala qualitativa avalia a existência de legislação específica a aplicar na gestão das áreas protegidas.

Tabela 4.9 - Escala de avaliação qualitativa para a análise do indicador D5.2.1

| Valor | Níveis de disponibilidade de legislação específica |
|--------------|---|
| 1,00 | O município dispõe de legislação específica, regulamentos, normas técnicas, recomendações e ações ou programas de iniciativa pública e campanhas de educação e sensibilização para a gestão das áreas protegidas. |
| 0,75 | O município dispõe de legislação específica, regulamentos, normas técnicas, recomendações e ações ou programas de iniciativa pública para a gestão de áreas protegidas. |
| 0,50 | O município dispõe de legislação específica, regulamentos e normas técnicas para a gestão de áreas protegidas. |
| 0,25 | O município dispõe de legislação específica sobre gestão de áreas protegidas. |
| 0,00 | O município não dispõe de qualquer legislação, regulamento ou instrumento para a gestão de áreas protegidas. |

Tratando-se de uma avaliação qualitativa, os níveis de avaliação da escala apresentada representam igualmente o modelo de normalização deste critério no cálculo do *score* normalizado.

D6.1.1 Riscos naturais

É objetivo deste indicador minimizar o grau de vulnerabilidade da sociedade aos riscos naturais a que está sujeita, a partir da inventariação de acidentes graves e catástrofes com origem em fenómenos naturais. É importante e necessário avaliar a probabilidade de ocorrerem situações de risco com origem em fenómenos naturais, tipos de medidas a implementar para promover a diminuição de ocorrências, sempre que possível e a minimização dos respetivos efeitos.

A avaliação do indicador deve ser realizada tendo por base o número de eventos ocorridos durante um período alargado, propondo-se o período de 100 anos. Devido à natureza aperiódica dos acidentes naturais, sendo muito difícil ou quase impossível estimar o período de repetição, e devido também à diversidade de tipos de acidentes que podem ocorrer em períodos bastante variáveis, considera-se que o período temporal de 100 anos para a avaliação do indicador é apropriado. Deste modo, será possível avaliar diferentes tipos de ocorrências, em diferentes tipos de acidentes e assim fazer uma avaliação mais abrangente e correta.

D6.1.2 Vulnerabilidade da população

Este indicador avalia a percentagem de população que vive em zonas propensas a riscos e perigos eminentes, tais como: ciclones, secas, inundações, terremotos, vulcões e deslizamento de terras. Deste modo, é objetivo do indicador contribuir para a melhor compreensão do nível de vulnerabilidade da população a desastres naturais num determinado local, incentivando a

longo prazo a programas sustentáveis para a redução do risco e melhorar a prevenção. Valores altos de vulnerabilidade indicam maior exposição a catástrofes naturais.

Para o cálculo do indicador é essencial identificar as zonas de risco existentes na área em estudo e o tipo de risco associado. Pela avaliação da população residente nas zonas identificadas é possível determinar a percentagem de população vulnerável a este tipo de acidentes.

D6.2.1 Perdas económicas devido a desastres naturais

Este indicador avalia as perdas económicas e de infraestruturas como resultado direto de desastres naturais. O indicador pode ser representado por perdas económicas relativas a gastos para recuperação e indemnização. Neste âmbito, faculta estimativas do impacto dos desastres naturais a nível económico. Pretende-se assim, quantificar os gastos médios anuais, em percentagem do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, para materializar e recuperar os danos consequentes dos desastres naturais ocorridos.

4.4 TÉCNICAS ASSOCIADAS À AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

Ao longo desta Secção apresentam-se as técnicas de avaliação multicritério propostas para o cálculo do IEUS, nomeadamente: modelo de normalização, ponderação e agregação dos critérios que compõem o modelo de análise multicritério.

4.4.1 Normalização dos critérios

O processo de normalização dos critérios consiste em calcular um valor ou *score* numa escala pré-estabelecida, normalmente entre 0,00 e 1,00, para cada indicador ou subindicador de desenvolvimento sustentável que integra o modelo de análise multicritério. Ao *score* calculado na escala de normalização denomina-se por *score* normalizado. Para o efeito, foi definida uma escala de normalização para cada indicador entre o valor mínimo (*score* mínimo) de 0,00 e o valor máximo (*score* máximo) de 1,00, aos quais se associam valores de referência de acordo com a índole do indicador. Uma vez calculado o *score* normalizado é possível comparar os diferentes indicadores e agregá-los através de um modelo matemático ou regra de decisão.

Os indicadores são normalizados com base em funções matemáticas que convertem os respetivos valores calculados para a escala de normalização. A especificação da função e dos seus valores intermédios, de acordo com pontos de controlo pré-estabelecidos, resultantes da identificação de valores de referência, requer uma pesquisa exaustiva direcionada para o tipo de indicador a normalizar. Este é um processo complexo, pois muitos dos indicadores não foram adotados em trabalhos anteriores e por isso não existe ainda uma base de conhecimento suficientemente sólida para garantir a idoneidade das funções adotadas. Alguns autores referem

que, a este nível há uma lacuna na bibliografia (Moura *et al.*, 2017). Face à indefinição existente, optou-se por utilizar a função linear entre pontos de controlo, por ser de definição matemática mais simples e uma vez que nesta fase a investigação incide predominantemente sobre a definição dos indicadores de desenvolvimento sustentável e não tanto sobre a respetiva normalização.

De forma a definir a função de normalização e a proceder ao cálculo do respetivo *score* normalizado (valores da função), classificaram-se os critérios consoante a sua natureza ou tipologia e também o tipo de variável. A estrutura do IEUS integra três tipos de indicadores: Quantitativos, Qualitativos e Espaciais. Quanto ao tipo de variável dos indicadores existem variáveis contínuas, variáveis discretas, escalas ordinais e escalas nominais.

Os indicadores quantitativos tratam medidas calculadas a partir de dados quantitativos provenientes de bases de dados numéricas ou estatísticas, as quais são obtidas por formulação matemática. A escala de avaliação destes indicadores é estabelecida com base no tipo de variável. Para variáveis contínuas são definidas as respetivas funções lineares. Para um indicador positivo, cujos maiores valores contribuem de forma mais positiva para a avaliação, a escala de normalização é formulada segundo uma reta de regressão linear positiva. Um indicador negativo, cujos maiores valores contribuem de forma mais negativa para a solução, a escala de normalização é definida segundo uma reta de regressão linear negativa. Para ambos os casos, o valor do *score* normalizado é obtido diretamente através da escala de normalização, ou por interpolação linear para valores intermédios aos disponíveis na escala. Para variáveis discretas o valor do *score* normalizado é obtido com base no cálculo do *z-score*.

Os indicadores qualitativos são obtidos com base na avaliação de medidas qualitativas, para as quais foram identificados níveis qualitativos relacionadas com um dado fenómeno. Em determinadas situações podem representar estágios de desenvolvimento de uma ação, ou em outros casos podem ser medidos em função da presença ou ausência de determinados aspetos relacionados com o respetivo fenómeno a avaliar. A normalização obtém-se associando-se diretamente os resultados da avaliação qualitativa do indicador à respetiva escala ordinal de modo a calcular o correspondente *score* normalizado.

Os indicadores espaciais são obtidos com base em dados provenientes de informação cartográfica, para os quais é calculado um valor quantitativo ou qualitativo dependendo do tipo de fenómeno que representa. O respetivo *score* normalizado é obtido em função do tipo de variável. Para o caso de variáveis contínuas é calculada a reta de regressão linear adequada à natureza do indicador. Para indicadores do tipo qualitativo o *score* normalizado advém da associação direta do valor do indicador à respetiva escala ordinal.

A função de normalização para cada indicador foi calculada tendo por base os valores de referência que definem os respetivos pontos de controlo, num mínimo de dois, dos quais resultam os restantes valores de referência para a normalização dos indicadores ou subindicadores, proporcionando uma primeira avaliação para a situação medida pelo indicador. Os valores apresentados ao longo desta Secção têm por base a consulta bibliográfica, valores padrão nacionais ou internacionais, informação estatística de âmbito nacional, ou a definição de uma escala qualitativa ordinal ou nominal.

No caso da existência de um valor padrão nacional ou valor estatístico, foi assumido que a esse valor de referência, ou ponto de controlo, corresponderia um *score* intermédio, de valor 0,50, na escala de normalização. Assim, um valor de *score* superior a 0,50 indica que o desempenho do indicador é melhor que o nível nacional; um valor de *score* inferior a 0,50 indica que o seu desempenho é pior que o nível nacional, quer para indicadores que contribuem positivamente ou negativamente para a sustentabilidade da cidade.

Não havendo termos de referência a nível nacional e também não tendo sido encontrados a nível internacional, foram definidos de raiz vários valores para os pontos de controlo. Esses valores, diretamente dependentes da definição de cada indicador, foram estipulados de forma qualitativa ou quantitativa tendo por base o conceito de sustentabilidade urbana. No entanto, em futuros trabalhos ou aplicação do modelo os pesquisadores poderão desenvolver técnicas mais detalhadas para a definição dos pontos de controlo.

Seguidamente apresenta-se a metodologia proposta para a normalização dos critérios que compõem o 3.º e o 4.º níveis hierárquicos do modelo de análise multicritério.

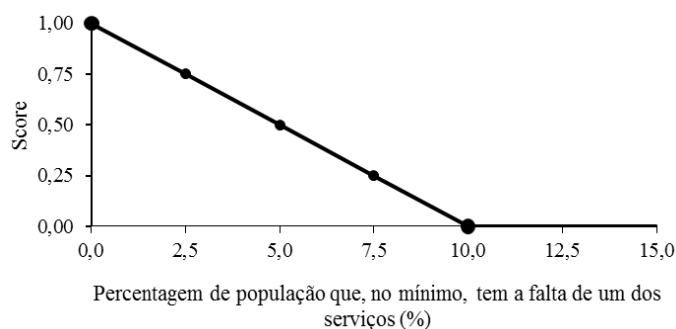
DI.1.1.1 Condições de habitação

Maior valor/Menor score

Valores mais elevados correspondem a menores condições de habitação (-)

| Score | Valores de referência Porcentagem de população que, no mínimo, tem a falta de um dos serviços. |
|--------------|--|
| 1,00 | 0,0% (Existência de todos os serviços) |
| 0,75 | 2,50% |
| 0,50 | 5,00% |
| 0,25 | 7,50% |
| 0,00 | 10,0% ou mais (Sem condições de habitação – Habitação com falta de algum serviço) |

Gráfico da função de normalização:



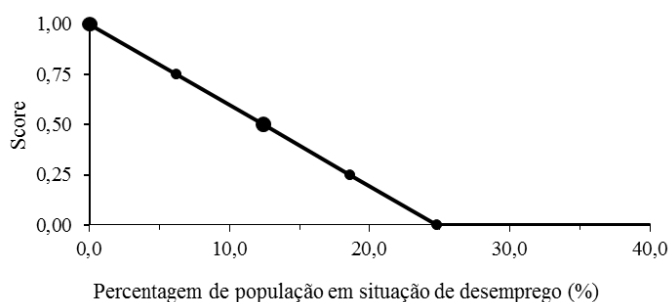
D1.1.1.2 Desemprego

Maior valor/Menor score

Valores mais elevados correspondem a mais desemprego (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Percentagem de população em situação de desemprego. |
|--------------|--|
| 1,00 | 0,0% (Taxa máxima de desemprego aceitável) |
| 0,75 | 6,20% |
| 0,50 | 12,4% (Taxa de desemprego nacional no ano 2015) - Fonte: www.pordata.pt (consulta realizada a 20-06-2016) |
| 0,25 | 18,6% |
| 0,00 | 24,8% ou mais |

Gráfico da função de normalização:



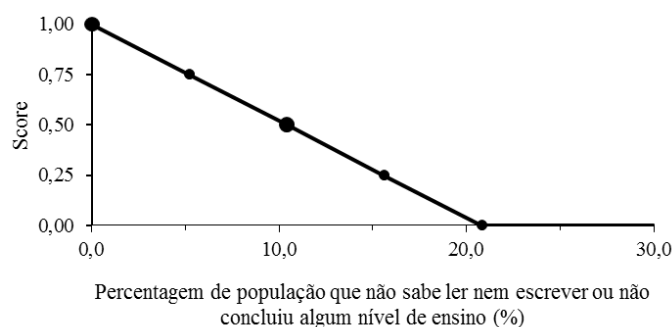
D1.1.1.3 Acesso à educação

Maior valor/Menor score

Valores mais elevados, mais população que não teve acesso à educação (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Percentagem de população que não sabe ler nem escrever ou não concluiu algum nível de ensino. |
|--------------|---|
| 1,00 | 0,0% (Toda a população sabe ler e escrever ou completou o nível de ensino que frequentou) |
| 0,75 | 5,20% |
| 0,50 | 10,4% (Valor calculado para o nível nacional, de acordo com a formulação de cálculo do indicador, com base em dados estatísticos dos Censos de 2011) |
| 0,25 | 15,6% |
| 0,00 | 20,8% ou mais |

Gráfico da função de normalização:



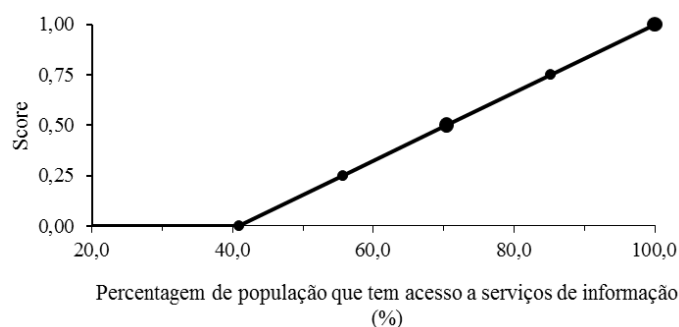
DI.1.1.4 Informação

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais população com acesso à informação (+)

| Score | Valores de referência Percentagem de população que tem acesso a serviços de informação. |
|--------------|--|
| 1,00 | 100,0% (Toda a população tem acesso à informação) |
| 0,75 | 85,2% |
| 0,50 | 70,4% (Percentagem de indivíduos com 16 e mais anos que utilizam internet, para o ano de 2016, do total de indivíduos residentes em Portugal) – Fonte: www.pordata.pt (consulta realizada a 30-09-2017) |
| 0,25 | 55,6% |
| 0,00 | 40,8% ou menos |

Gráfico da função de normalização:



DI.1.1.5 Exercício

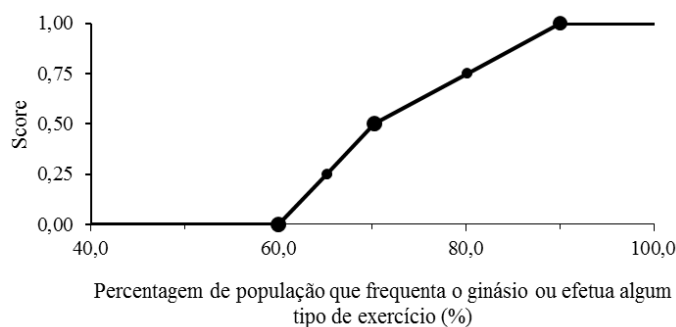
Maior valor/Maior score

Maior valor, mais população que pratica algum desporto (+)

| Score | Valores de referência Percentagem de população que frequenta o ginásio ou efetua algum tipo de exercício. |
|--------------|--|
| 1,00 | 90,0% ou mais (Tendencialmente toda a população pratica algum tipo de exercício) |
| 0,75 | 80,1% |
| 0,50 | 70,2% (Segundo o Observatório Nacional da Atividade Física e do Desporto, em Portugal, 76,7 % dos homens adultos e 63,7 % das mulheres adultas despendem de pelo menos 30 minutos por dia para atividade física) – Fonte: http://observatorio.idesporto.pt/Conteudos.aspx?id=3 (Consulta realizada a 30-09-2017) |
| 0,25 | 65,1% |
| 0,00 | 60,0% ou menos (Um número elevado de população <u>deve</u> praticar algum tipo de exercício) |

A grande maioria da população (50,4%) não pratica algum tipo de exercício físico, segundo os dados apresentados no quadro acima, considerando o cálculo linear relativo aos pontos de referência para os *score* 1,00 e 0,50. No entanto, optou-se por uma abordagem mais positiva do ponto de vista da qualidade de vida da população, impondo como valor de referência 60,0% ou menos, para o *score* 0,00, em vez de 50,4%.

Gráfico da função de normalização:



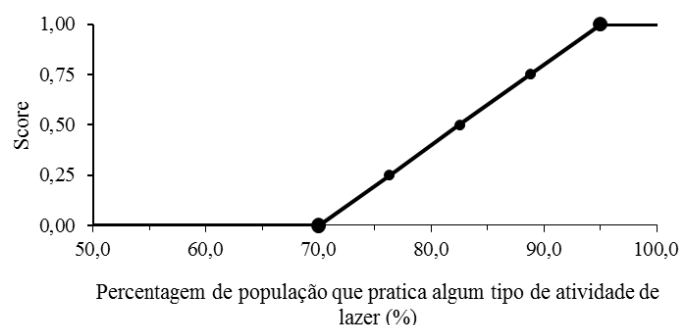
D1.1.1.6 Lazer

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais população que pratica alguma atividade de lazer (+)

| <i>Score</i> | Valores de referência Percentagem de população que pratica algum tipo de atividade de lazer. |
|--------------|---|
| 1,00 | 95,0% ou mais (Tendencialmente toda a população pratica algum tipo de atividade de lazer) |
| 0,75 | 88,8% |
| 0,50 | 82,5% |
| 0,25 | 76,3% |
| 0,00 | 70,0% ou menos (Um número elevado de população <u>deve</u> praticar alguma atividade de lazer) |

Gráfico da função de normalização:



D1.2.1.1 Acidentes rodoviários

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais população afetada por acidentes de trânsito (-)

| Score | Valores de referência Percentagem de população urbana afetada por acidentes de trânsito. |
|--------------|--|
| 1,00 | 0,0% (Ninguém é afetada por acidentes rodoviários) |
| 0,75 | 0,352% |
| 0,50 | 0,703% (Valor médio calculado para Portugal Continental) |
| 0,25 | 1,05% |
| 0,00 | 1,41% ou mais |

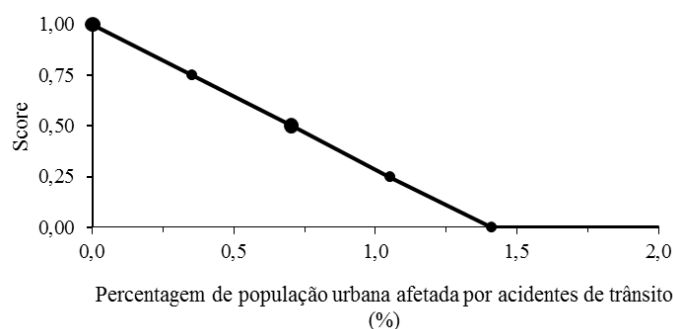
Considerando o número de vítimas de acidentes rodoviários dentro das localidades, entre mortes, feridos graves e feridos ligeiros, para o período de 2011 a 2015 (Tabela 4.10), e que segundo o Instituto Nacional de Estatística em 2011 residiam 4 199 392 indivíduos nas cidades de Portugal Continental, foi calculado o valor médio anual de população afetada por acidentes de trânsito em ambiente urbano para Portugal Continental, e a respetiva percentagem, seguindo a formulação de cálculo para este indicador apresentada anteriormente. Por ser um valor médio nacional, atribuiu-se o *score* intermédio de 0,50.

Tabela 4.10 – Número de vítimas de acidentes rodoviários dentro das localidades

| Ano | N.º de vítimas dentro das localidades |
|------------|--|
| 2011 | 30584 |
| 2012 | 28577 |
| 2013 | 28581 |
| 2014 | 29052 |
| 2015 | 30780 |

Fonte: Autoridade Nacional para a Segurança Rodoviária
<http://www.ansr.pt/Estatisticas/RelatoriosDeSinistralidade/Pages/default.aspx>

Gráfico da função de normalização:



DI.2.1.2 Crime

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais população afetada por crimes (-)

| Score | Valores de referência Percentagem de população afetada por crimes violentos. |
|--------------|--|
| 1,00 | 0,0% (Ninguém é afetada por crimes violentos) |
| 0,75 | 0,112% |
| 0,50 | 0,223% (Valor médio nacional calculado) |
| 0,25 | 0,335% |
| 0,00 | 0,446% ou mais |

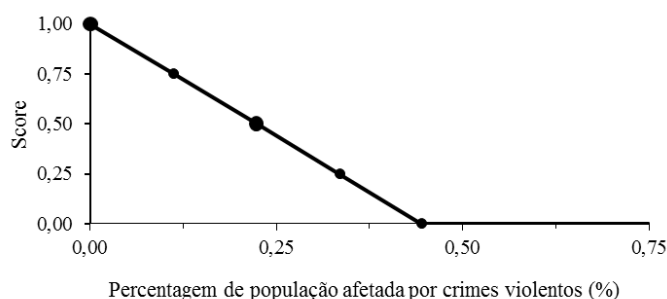
Considerando o número de crimes violentos registados pela polícia, para o período de 2002 a 2012 (Tabela 4.11), e a população total residente em Portugal registada pelos Censos de 2011, foi calculado o valor médio anual de população afetada por crimes violentos, e a respetiva percentagem, seguindo a formulação de cálculo deste indicador. Por ser um valor médio nacional, atribuiu-se o *score* intermédio de 0,50.

Tabela 4.11 – Número de crimes violentos registados em Portugal

| Ano | N.º de crimes violentos |
|------|-------------------------|
| 2002 | 22900 |
| 2003 | 23400 |
| 2004 | 24300 |
| 2005 | 23200 |
| 2006 | 24200 |
| 2007 | 21700 |
| 2008 | 24500 |
| 2009 | 24400 |
| 2010 | 24300 |
| 2011 | 24000 |
| 2012 | 22000 |

Fonte: Eurostat - http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Crime_statistics/pt#Total_de_crimes_registados

Gráfico da função de normalização:



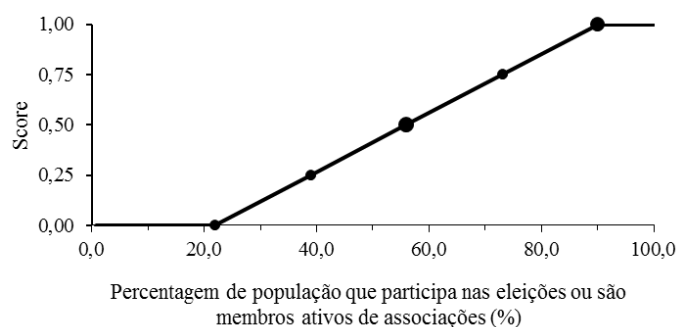
D1.2.2 Participação do cidadão

Maior valor/Maior score

Maior valor, maior participação (+)

| <i>Score</i> | Valores de referência |
|--------------|---|
| | Percentagem de população que participa nas eleições ou são membros ativos de associações. |
| 1,00 | 90,0% ou mais (Tendencialmente toda a população participa nas eleições ou são membros ativos de associações) |
| 0,75 | 73,0% |
| 0,50 | 55,9% (Taxa de participação em eleições a nível nacional no ano de 2015). Fonte: www.pordata.pt (Consulta realizada a 20-06-2016). |
| 0,25 | 38,9% |
| 0,00 | 21,8% ou menos |

Gráfico da função de normalização:



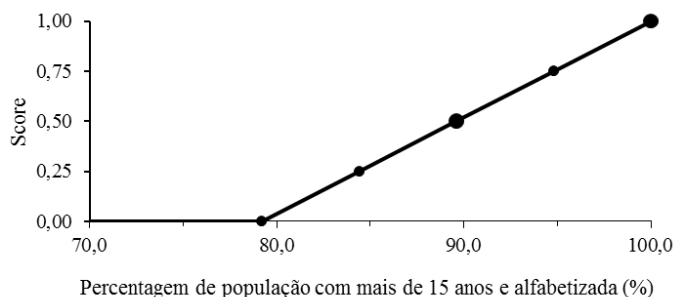
DI.2.3 Nível educacional

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais população alfabetizada (+)

| Score | Valores de referência Percentagem de população com mais de 15 anos e alfabetizada. |
|-------|---|
| 1,00 | 100,0% (Toda a população alfabetizada) |
| 0,75 | 94,8% |
| 0,50 | 89,6% (População residente em Portugal com 15 ou mais anos e com nível de escolaridade completo, de acordo com os Censos de 2011). Fonte: (INE, 2012). |
| 0,25 | 84,4% |
| 0,00 | 79,2% ou menos |

Gráfico da função de normalização:



Em 2011, 10,39% da população com 15 ou mais anos não tinha qualquer nível de escolaridade (INE, 2012), o que corresponde, para esta faixa etária, que 89,61% da população era alfabetizada. De acordo com a mesma fonte, em 2001 a percentagem de população com 15 ou mais anos e sem nível de escolaridade completo era de 18,03%, ou seja, 81,97% da população, neste grupo etário, possuía algum nível de escolaridade completo. Considerando dados mais recentes, relativos a 2016 e publicados pela Pordata (www.pordata.pt), 7,9% da população residente em Portugal com 15 ou mais anos não tinha qualquer nível de escolaridade, ou seja, 92,1% da população pertencente a este grupo etário era alfabetizada. Apesar destes dados mais recentes, considerou-se como valor de referência para o cálculo da normalização o

valor relativo ao ano de 2011, por coerência com os dados populacionais que se referem aos Censos de 2011.

D1.2.4 Satisfação dos cidadãos com a comunidade local

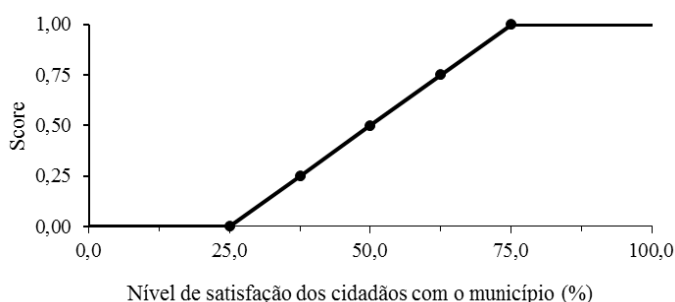
Maior valor/Maior score

Maior valor, mais satisfação dos cidadãos (+).

| <i>Score</i> | Valores de referência Nível de satisfação dos cidadãos com o município. |
|--------------|--|
| 1,00 | 75,0% ou mais satisfeitos |
| 0,75 | 62,5% satisfeitos |
| 0,50 | 50,0% satisfeitos |
| 0,25 | 37,5% satisfeitos |
| 0,00 | 25,0% ou menos satisfeitos |

Dividiu-se o universo das respostas em dois conjuntos: {Satisfeito, muito satisfeito ou extremamente satisfeito} e {Nada satisfeito ou moderadamente satisfeito}. O primeiro considera os cidadãos que apresentam maiores níveis de satisfação e são designados no quadro acima por satisfeitos. Este conjunto define os pontos de controlo da função de normalização. Em complemento, o segundo conjunto considera os cidadãos menos satisfeitos. Tratando-se de valores complementares aos apresentados para o primeiro conjunto, não são referidos no quadro por razões de simplificação da leitura do mesmo. Em função da importância de cada conjunto é identificado o *score*. Se as respostas forem predominantemente positivas, ou seja, pertencerem ao 1.º conjunto o *score* será 1,00 ou próximo 1,00.

Gráfico da função de normalização:



D1.3.1.1 Espaços verdes

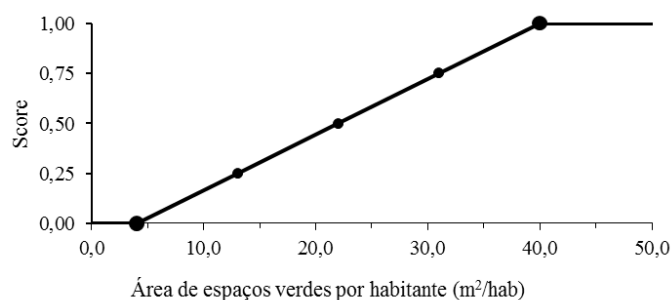
Maior valor/Maior score

Maior valor, mais áreas verdes disponíveis (+)

Para a definição do ponto de controlo para o *score* 0,00 foi considerada uma área que corresponde a 10% da área preconizada para o *score* 1,00. Este valor foi adotado considerando que não existe nenhuma referência utilizável e porque o *score* 0,00 representa a situação abaixo da qual o desempenho é quase inexistente.

| Score | Valores de referência Área de espaços verdes por habitante. |
|--------------|--|
| 1,00 | 40,0m²/hab ou mais (Cada habitante de uma cidade tem uma necessidade de área verde de pelo menos 40m ² , considerando que a quantidade média de oxigénio necessária por habitante é igual à que é produzida por 150m ² de superfície foliar). Fonte: http://www.ideiaverde.pt/espacos.asp (Consulta realizada a 06-10-2017). |
| 0,75 | 31,0m ² /hab |
| 0,50 | 22,0m ² /hab |
| 0,25 | 13,0m ² /hab |
| 0,00 | 4,0m²/hab ou menos |

Gráfico da função de normalização:



D1.3.1.2 Espaços de património

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais áreas de património (+). Escala qualitativa.

Não existem a nível nacional, ou internacional, dados de referência para este subindicador. Uma possibilidade é identificar um conjunto de cidades com diferentes níveis de património, por exemplo Évora e Angra do Heroísmo pela positiva e Faro pela negativa, de forma a definir empiricamente a curva de normalização. Deste modo, seria possível classificar outras cidades. Atendendo a que este processo não foi implementado, os autores devem fazer uma avaliação qualitativa numa escala de 0 a 1 tendo por base o objetivo que o subindicador pretende avaliar na cidade. Assim, será feito de uma forma empírica e tendo por base o conhecimento e termos de comparação com outras cidades, mas sem dados efetivos.

D1.3.1.3 Espaços públicos

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais áreas de espaços públicos (+). Escala qualitativa.

Apesar de muitos autores abordarem a importância dos espaços públicos nas cidades, não se encontrou nenhuma informação que permita estabelecer a normalização deste subindicador. Tal como no anterior subindicador, é possível estabelecer a normalização tendo por base os dados de um conjunto de cidades, situação que permitiria avaliar posteriormente outras cidades. Também para este subindicador não foi possível implementar este procedimento muito

exaustivo, pelo que se preconiza que seja efetuada uma avaliação qualitativa entre 0 e 1 para estabelecer o *score*. De igual modo, para este subindicador a normalização será feita de uma forma empírica e tendo por base o conhecimento e termos de comparação com outras cidades, mas sem dados efetivos.

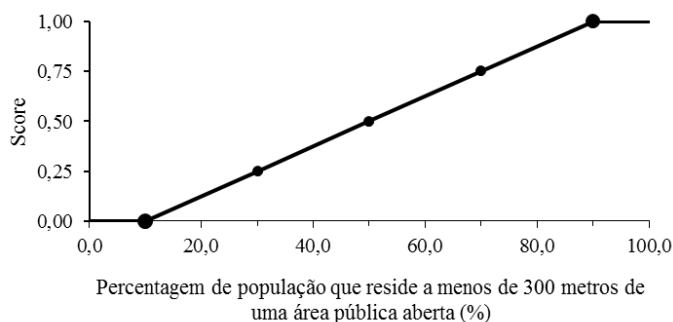
D1.3.2 Disponibilidade de áreas públicas abertas

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais população residente a menos de 300m de uma área pública aberta (+)

| <i>Score</i> | Valores de referência Porcentagem de população que reside a menos de 300m de uma área pública aberta. |
|--------------|--|
| 1,00 | 90,0% ou mais (A referência considerada foi a cidade de Nantes, em França, onde 100% dos habitantes vive a menos de 300 metros de distância de um espaço público aberto). Fonte: http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wp-content/uploads/2011/05/EGCNantesUKChap3-F.pdf (Consulta realizada a 20-06-2016). |
| 0,75 | 70,0% |
| 0,50 | 50,0% |
| 0,25 | 30,0% |
| 0,00 | 10,0% ou menos |

Gráfico da função de normalização:



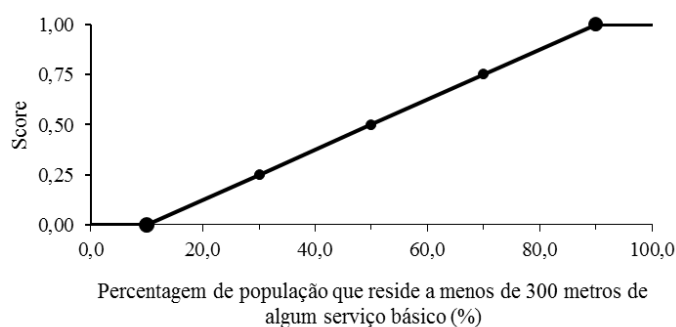
D1.3.3 Disponibilidade de serviços básicos

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais população residente a menos de 300m de um serviço básico (+)

| <i>Score</i> | Valores de referência Porcentagem de população que reside a menos de 300m de algum serviço básico. |
|--------------|--|
| 1,00 | 90,0% ou mais (Propõe-se o valor de 90% considerando que a referência é a cidade de Vitoria-Gasteiz, na Espanha, onde 99% da população vive a menos de 300 metros de distância a serviços básicos). Fonte: http://www.kas.de/wf/doc/9632-1442-1-30.pdf (Consulta realizada a 20-06-2016). |
| 0,75 | 70,0% |
| 0,50 | 50,0% |
| 0,25 | 30,0% |
| 0,00 | 10,0% ou menos |

Gráfico da função de normalização:



DI.4.1 Evolução demográfica

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais população (+)

| Score | Valores de referência Taxa de crescimento anual médio da população. |
|--------------|--|
| 1,00 | Acima de 0,394% e abaixo de 1,84% |
| 0,75 | 0,296% |
| 0,50 | 0,197% (Taxa de crescimento anual médio segundo os Censos, no período 2001-2011, em Portugal) Fonte: www.pordata.pt |
| 0,25 | 0,099% |
| 0,00 | 0,0% ou negativo ou superior a 1,84% |

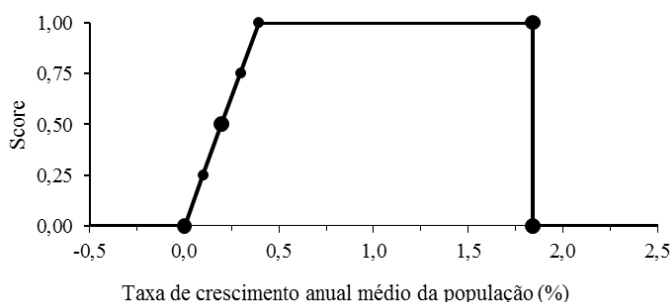
A variação é linear e adotaram-se dois pontos de referência. Se a evolução for nula ou negativa o *score* é 0,00; se a evolução for igual à média nacional o *score* é 0,50.

De acordo com dados estatísticos (www.pordata.pt) referentes aos Censos, a taxa de crescimento anual médio foi de 0,489% para o período 1991-2001 e de 0,197% para o período 2001-2011. Considerou-se como valor de referência para o cálculo da normalização deste indicador o valor relativo ao período mais recente (2001-2011), o qual representando um valor médio nacional foi associado ao *score* 0,50.

Segundo o Fórum Económico Mundial, a concentração de pessoas, bens, infraestruturas e atividades económicas nas cidades aumenta a possibilidade de ocorrerem catástrofes naturais, causando danos materiais e humanos sem precedentes. Por outro lado, estudos revelam que a população urbana continuará a crescer de modo que, até 2050 dois terços da população mundial (66%) será urbana e apenas um terço (34%) viverá em zonas rurais. Para a Europa, projeta-se que a população urbana seja superior a 80% até 2050 (UN, 2014). Neste contexto, é importante identificar um valor para o crescimento da população urbana a partir do qual o mesmo tem impactos negativos para a sustentabilidade da cidade. Segundo a Organização Mundial de Saúde é esperado que o crescimento anual da população urbana mundial seja de aproximadamente 1,84% entre 2015 e 2020. Por conseguinte, considerou-se que a partir do

valor máximo projetado para o crescimento anual da população urbana para os anos mais próximos (1,84%) um valor superior será prejudicial para o desenvolvimento sustentável da cidade. Uma cidade que esteja acima desta taxa de crescimento anual estará a efetuar necessariamente um esforço de investimento superior ao que será esperado em termos globais. Neste contexto, e numa visão pessimista face à procura permanente das cidades crescerem, entendeu-se que para uma taxa de crescimento superior à média referida a contribuição para a sustentabilidade global da cidade estará posta em causa. Por essa razão, sempre que a taxa de crescimento for superior a 1,84% o *score* proposto é de 0,0. No entanto, é crucial que este ponto de controlo seja avaliado e enquadrado no desenvolvimento da cidade em estudo, o que poderá acontecer numa cidade que regrediu ou esteve estagnada ao longo de vários anos e que nos anos seguintes conseguiu de forma sustentável recuperar essa regressão com base numa taxa superior à média. Entende-se ainda que uma cidade que possui determinadas características e infraestruturas que foram pensadas para o seu desenvolvimento, quando ela atinge uma taxa de crescimento populacional negativa acaba por estar a desperdiçar recursos e desse modo torna-se menos sustentável. Por essa razão, sempre que a taxa de crescimento anual for negativa o *score* proposto é de 0,0.

Gráfico da função de normalização:



A Tabela 4.12 mostra a taxa de crescimento anual médio da população para as cidades de Berlim, Nantes e Copenhaga, para anos recentes conforme dados disponíveis na base de dados do Gabinete de Estatísticas da União Europeia (EUROSTAT). Como se pode verificar, estas 3 cidades reconhecidas pela sua qualidade de vida possuem valores bastante distintos. Pelo que se salienta novamente a importância de contextualizar este indicador face às características próprias das cidades.

Tabela 4.12 – Taxa de crescimento anual médio da população

| | População 2009 | População 2014 | Taxa de crescimento anual médio |
|------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Berlim | 3 431 675 | 3 421 829 | -0,06% |
| Nantes | 582 132 | 619 240 | 1,27% |
| | População 2011 | População 2013 | |
| Copenhaga | 539 542 | 559 440 | 1,84% |

Fonte dos dados: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (Consulta realizada a 15-09-2017)

D1.4.2 Solo urbanizado

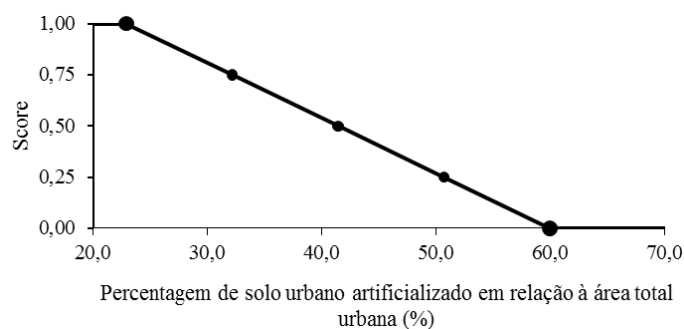
Maior valor/Menor score

Maior valor, mais área urbanizada (-)

| Score | Valores de referência |
|--------------|--|
| | Percentagem de área urbana artificial (solo construído). |
| 1,00 | 22,90% ou menos |
| 0,75 | 32,18% |
| 0,50 | 41,45% |
| 0,25 | 50,73% |
| 0,00 | 60% ou mais |

De acordo com um estudo divulgado pela Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2011), em 2006 Lisboa tinha uma das maiores taxas de impermeabilização de solo por habitante (105m²/habitante). A capital portuguesa apresenta-se como a quarta cidade mais impermeabilizada da Europa, com 60,66% de solo impermeabilizado em relação à sua área total. Em contrapartida, Estocolmo é a cidade mais bem colocada no ranking com 22,90% de impermeabilização. Considerando estes valores como referência, para o cálculo dos pontos de controlo da função de normalização associou-se o *score* 0,00 para valores de impermeabilização do solo urbano de 60% ou mais, uma vez que maiores valores de impermeabilização do solo comprometem a sustentabilidade urbana e o *score* 1,00 para 22,90% de solo impermeabilizado ou menos relativamente a toda a área urbana.

Gráfico da função de normalização:



D1.4.3 Intensidade de utilização

Maior valor/Maior score

Maior valor, maior intensidade de utilização logo menor dispersão urbana ou áreas urbanas mais compactas (+)

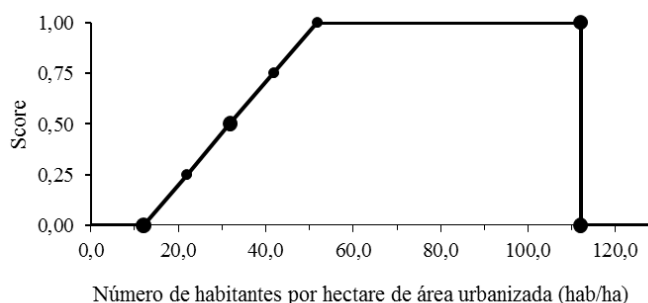
| Score | Valores de referência |
|--------------|---|
| | Número de habitantes por hectare de área urbanizada. |
| 1,00 | 51,6hab/ha ou maior, até 112,0hab/ha |
| 0,75 | 41,7hab/ha |
| 0,50 | 31,8hab/ha (Valor para Portugal Continental, calculado com base na formulação do indicador). |
| 0,25 | 21,9hab/ha |
| 0,00 | 12,0hab/ha ou menor, ou maior do que 112,0hab/ha |

Fonte dos dados: INE (2012); www.dgterritorio.pt/ficheiros/lei_basesigtcoscrus28_nov2013

O valor de referência (31,8hab/ha) foi calculado com base na formulação do indicador, tendo em conta a população total residente em Portugal Continental (10 047 621 habitantes), segundo os Censos de 2011, e a área de solo urbanizado (315 531,708ha). O valor de área de solo urbanizado foi calculado atendendo à área total de solo urbano (561 045ha) identificada na Carta de Regime do Uso do Solo (CRUS) para Portugal Continental, e que 56,24% do solo urbano é área urbanizada. Sendo este um valor médio nacional foi associado ao *score* 0,50.

O valor de intensidade de utilização do solo igual a 112hab/ha (Berrini *et al.*, 2003) corresponde a uma zona urbana com grande densidade de ocupação humana, pelo que maiores valores poderão comprometer a sustentabilidade urbana e a qualidade de vida dos cidadãos. Assim, considerou-se que para valores superiores a 112hab/ha o *score* passa a ser igual a 0,00. No entanto, considera-se que a cidade poderá ser sustentável até um valor de intensidade de utilização de 112hab/ha, pelo que até este valor o *score* proposto é de 1,00. Por outro lado, valores menores ou iguais que 12hab/ha que corresponde a uma área urbana de baixa utilização do solo (Berrini *et al.*, 2003), também se consideram comprometedores do desenvolvimento sustentável da cidade, uma vez que representam elevado consumo do solo para baixa ocupação. Por conseguinte, estes valores foram igualmente associados ao *score* 0,00.

Gráfico da função de normalização:



D1.5.1 Alterações do uso do solo

Maior valor/Menor score

Maior valor, maior área ocupada (-). Escala qualitativa.

É um indicador que obriga a uma recolha de dados bastante intensa para a sua gestão em Sistemas de Informação Geográfica; também é necessário uma recolha e validação da informação *in loco*. Assumindo que o processo de normalização não pode ser construído com base em dados de outras cidades, face à especificidade evolutiva do uso do solo em cada cidade, o indicador deverá ser avaliado de uma forma qualitativa tendo por base vários retratos temporais. Sendo assim, cada estudo de uma cidade deverá estabelecer uma base de avaliação de forma a atribuir um *score* entre 0,00 e 1,00.

D2.1.1 População servida com sistemas de abastecimento de água

Maior valor/Maior score

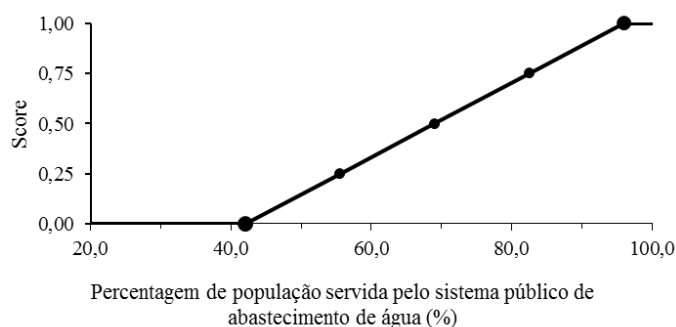
Maiores valores, melhor serviço (+)

| Score | Valores de referência |
|--------------|--|
| | Percentagem de população servida pelo sistema público de abastecimento de água. |
| 1,00 | 96,0% ou maior (Valor para Portugal Continental para o ano de 2009). Fonte: www.pordata.pt |
| 0,75 | 82,5% |
| 0,50 | 69,0% |
| 0,25 | 55,5% |
| 0,00 | 42,0% ou menor (Percentagem de população dos países menos desenvolvidos que obteve acesso a água potável desde 1990). Fonte: http://www.un.org/en/sections/issues-depth/water/ |

É objetivo das Nações Unidas que até 2030 seja alcançado o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos. Segundo PENSAR2020 (2015), Portugal atingiu o objetivo fixado de uma taxa de cobertura nacional de 95% durante o período 2007-2013, cumprindo quase as metas estabelecidas pela União Europeia. Considerando este resultado, entendeu-se que, para este indicador, este desempenho se pode considerar excelente e correspondente ao *score* 1,00 no processo de normalização, bem como valores superiores a ele.

A sustentabilidade urbana ficará comprometida quando a percentagem de população servida por sistemas de abastecimento de água corresponde a um valor baixo. Considerando como referência a percentagem de população com acesso a água potável em países menos desenvolvidos (42%) referida pelas Nações Unidas, entendeu-se que valores iguais ou inferiores a este deveriam ter o *score* 0,00.

Gráfico da função de normalização:



D2.1.2 População servida com sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais

Maior valor/Maior score

Maior valor, melhor serviço (+)

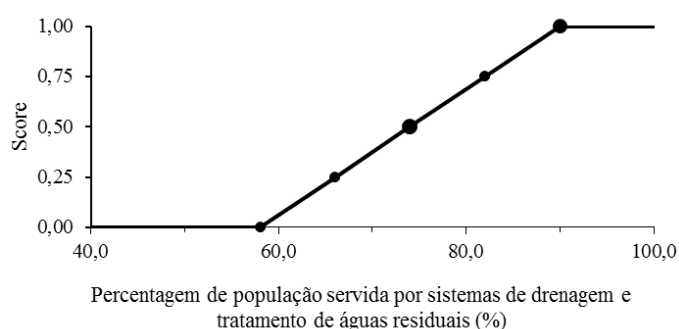
De acordo com o Decreto-Lei n.º 112/2002 de 17 de abril esperava-se que até 2006 Portugal atingisse o objetivo de servir 90% da população com sistemas públicos de drenagem

e tratamento de águas residuais, ficando assim mais próximo dos padrões europeus. Mas tal não aconteceu, conforme é referido em PENSAAR2020 (2015) onde se considera que este não deve constituir no futuro um objetivo em si. No entanto, durante o período 2007-2013 foi feito um esforço de infraestruturização e financeiro importante com o apoio de fundos comunitários que permitiram uma acessibilidade física de cerca de 80 % para este sistema público. Neste contexto, considerou-se que o maior valor de *score* (1,00) deve corresponder à meta estabelecida e ainda não atingida de 90%.

Segundo dados estatísticos (www.pordata.pt) para Portugal Continental, no ano de 2009 a população servida por sistemas de drenagem de águas residuais era de 84% e a população servida com sistemas de tratamento de águas residuais era de 74%. Atendendo a que o indicador avalia a população servida com sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, considerou-se o valor de referência para a normalização de 74% ao qual se atribuiu o *score* de 0,50, por se referir a um valor médio nacional.

| <i>Score</i> | Valores de referência |
|--------------|--|
| | Percentagem de população servida por sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais. |
| 1,00 | 90,0% ou maior |
| 0,75 | 82,0% |
| 0,50 | 74,0% (Valor médio para Portugal Continental em 2009) Fonte: www.pordata.pt |
| 0,25 | 66,0% |
| 0,00 | 58,0% ou menor |

Gráfico da função de normalização:



D2.2.1 Despesa ambiental

Maior valor/Maior score

Maior valor, maior despesa (+)

| <i>Score</i> | Valores de referência |
|--------------|----------------------------------|
| | Despesa ambiental por habitante. |
| 1,00 | 70,4€/hab ou mais |
| 0,75 | 62,5€/hab |
| 0,50 | 54,5€/hab |
| 0,25 | 46,6€/hab |
| 0,00 | 38,6€/hab ou menos |

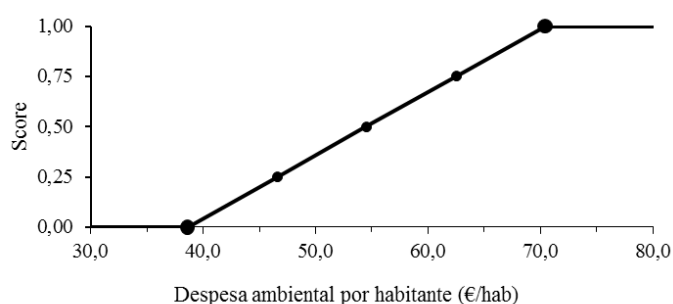
Considerando a despesa em ambiente *per capita* dos municípios, por domínios de gestão e proteção ambiental, como: ar e clima; águas residuais; resíduos; solos e águas; ruído e vibrações; biodiversidade e paisagem ou I&D; para o ano de 2015 e para os municípios de Portugal (www.pordata.pt), calcularam-se os valores correspondentes à despesa, agregando os municípios em quartis, desde os que suportam menor despesa até aos de maior despesa ambiental. Como pontos de controlo usaram-se os valores relativamente aos municípios que estão na transição dos quartis 25% e 75%, assumindo que um valor maior de despesa cria melhores condições ambientais para a cidade, uma vez que permite aumentar os níveis de proteção à população e aos ambientes naturais. Os gastos apresentados na Tabela 4.13 e utilizados para a definição dos pontos de controlo, dizem respeito aos seguintes domínios: proteção da qualidade do ar e clima; gestão de águas residuais; gestão de resíduos; proteção e recuperação dos solos, de águas subterrâneas e superficiais; proteção contra o ruído e vibrações; proteção da biodiversidade e paisagem; outros domínios.

Tabela 4.13 – Despesa *per capita* dos municípios em ambiente

| Percentagem de municípios | 25% (Quartil 1) | 50% (Quartil 2) | 75% (Quartil 3) |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Número de ordem do município | 77 em 308 | 154 em 308 | 231 em 308 |
| Despesa ambiental <i>per capita</i> | 38,6€/hab | 52,1€/hab | 70,4€/hab |

Fonte: INE - Inquérito aos Municípios - Proteção do Ambiente (www.pordata.pt)

Gráfico da função de normalização:



D3.1.1 Estrutura da rede viária

Maior valor/Maior score

Maior valor, maior comprimento de vias logo melhor cobertura (+). Escala qualitativa.

Atendendo a que não há valor *standard*, o indicador deverá ser avaliado de uma forma qualitativa sobre cartografia que identifique se há uma boa cobertura da cidade pela rede viária, e se esta possui uma hierarquia adequada. Sendo assim, cada estudo de uma cidade deverá estabelecer uma base de avaliação de forma a atribuir um *score* entre 0,0 e 1,0. Pode assumir-se que na generalidade das cidades o desempenho deste indicador será muito positivo,

considerando que a morfologia da maior parte das cidades resulta da expansão viária a partir de um núcleo central. Só em situações em que notoriamente haja um crescimento pouco funcional das cidades e em que a rede viária esteja desligada do desenvolvimento do uso do solo é que permitirá uma avaliação menos positiva.

D3.1.2 Solo ocupado por infraestruturas de transporte

Maior valor/Menor score

Maior valor, maior ocupação (-). Escala qualitativa.

Atendendo a que não há valor *standard*, o indicador deverá ser avaliado de uma forma qualitativa sobre cartografia que identifique se a infraestrutura de transporte ocupa uma área da cidade acima do que seria expeável para garantir a respetiva funcionalidade. Sendo assim, cada estudo de uma cidade deverá estabelecer uma base de avaliação de forma a atribuir um *score* entre 0,0 e 1,0. Pode assumir-se que na generalidade das cidades o desempenho deste indicador será muito positivo, considerando que a largura da maior parte das vias está associada à respetiva função hierárquica e que desse modo é garantida alguma equidade no uso do espaço urbano. Só em situações em que notoriamente haja um elevado número de vias que ocupem uma área excessiva face à respetiva funcionalidade é que permitirá uma avaliação menos positiva.

D3.2.1 Fragmentação do território pela rede viária

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais fragmentação (-). Escala qualitativa.

Atendendo a que não há valor *standard*, o indicador deverá ser avaliado tendo em conta a identificação da forma como a rede viária urbana constitui, ou não, obstáculo no atravessamento e na mobilidade adjacente às vias e contribui, ou não, para a descontinuidade do tecido urbano e/ou alterações na ocupação e uso do solo.

Atendendo à natureza qualitativa do indicador o cálculo do respetivo *score* normalizado resulta da aplicação da escala de avaliação qualitativa ordinal apresentada na Tabela 4.3 da Secção 4.3.

D3.3.1.1 Investimentos rodoviários

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais investimento (+)

Atendendo a que, para as cidades portuguesas não existem publicações que permitam quantificar os investimentos rodoviários feitos apenas nas vias urbanas, até porque as vias possuem diferentes entidades que as gerem, optou-se por fazer uma análise a nível nacional. Esta situação leva a que nos municípios em que há um investimento grande em infraestruturas

interurbanas, como por exemplo autoestradas fora do contexto urbano, a avaliação do indicador possa ficar menos rigorosa. No entanto, esta parece ser uma forma razoável de avaliar o indicador.

| <i>Score</i> | Valores de referência Custo por residente e por ano. |
|--------------|--|
| 1,00 | 73,0€/hab ou mais |
| 0,75 | 54,8€/hab |
| 0,50 | 36,5€/hab (Valor <i>per capita</i> para Portugal, não discriminando as infraestruturas rodoviárias urbanas) |
| 0,25 | 18,3€/hab |
| 0,00 | 0,0€ |

Na Tabela 4.14 apresentam-se os valores para Portugal, relativos a despesas para a manutenção de infraestruturas de transporte rodoviário e despesas para o investimento em infraestruturas rodoviárias (equipamentos construídos) para o ano de 2013.

Tabela 4.14 – Despesas em infraestruturas rodoviárias em Portugal

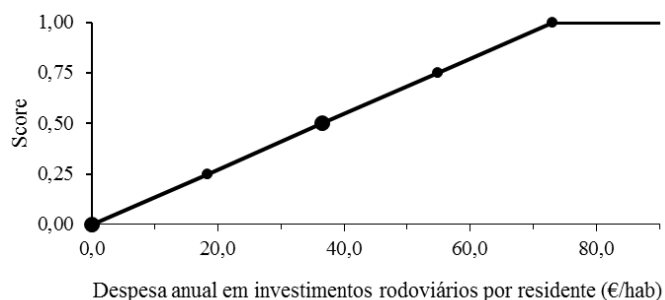
| | |
|--|----------------|
| Despesas para manutenção de infraestruturas de transporte rodoviário | 174 000 000,0€ |
| Despesas para investimento em infraestruturas rodoviárias (equipamentos construídos) | 211 000 000,0€ |

Fonte: www.pordata.pt

Com base nestes valores, na população total residente em Portugal registada nos Censos de 2011 e na formulação de cálculo deste indicador (Secção 4.3), calculou-se o custo *per capita* relativo a despesas em investimentos rodoviários para Portugal e para o ano de 2013. Sendo um valor nacional foi associado ao *score* intermédio (0,50).

O ponto de controlo referente ao *score* 0,00 foi definido considerando a ausência de despesa. Esta situação revela falta de manutenção das infraestruturas rodoviárias, bem como o não investimento em novas infraestruturas, prestando um mau serviço à população local o que contribui para baixar a sua qualidade de vida.

Gráfico da função de normalização:



D3.3.1.2 Investimentos para transportes públicos

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais investimento (+). Escala qualitativa.

Atendendo a que não há valor *standard*, o indicador deverá ser avaliado de uma forma qualitativa para cada cidade. Sendo assim, cada estudo de uma cidade deverá estabelecer uma base de avaliação de forma a atribuir um *score* entre 0,0 e 1,0. No pressuposto de que o desenvolvimento sustentável da cidade está relacionado com a qualidade e a cobertura dos transportes públicos e que maior despesa corresponde a melhor serviço, pode assumir-se que o desempenho deste indicador será muito positivo quando se evidencia bom serviço de transportes públicos. Em situações em que notoriamente o serviço de transportes públicos seja pouco funcional e de fraca cobertura da cidade assumir-se-á uma avaliação menos positiva.

D3.4.1 Consumo de espaço público para estacionamento

Maior valor/Menor score

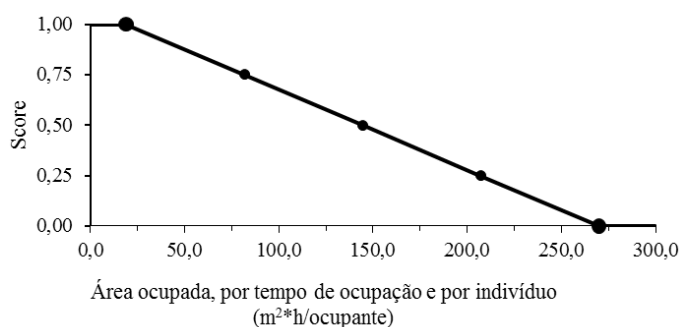
Maior valor, mais consumo de espaço (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Área ocupada por tempo de ocupação. Consumo diário, por indivíduo. |
|--------------|---|
| 1,00 | 18,8m²*h/ocupante ou menos |
| 0,75 | 81,6m ² *h/ocupante |
| 0,50 | 144,4m ² *h/ocupante |
| 0,25 | 207,2m ² *h/ocupante |
| 0,00 | 270,0m²*h/ocupante ou mais (face à dimensão do lugar de estacionamento) |

Os pontos de controlo foram calculados com base na formulação de cálculo do indicador (Secção 4.3). Admitindo um lugar de estacionamento com a área de ocupação de 2,25mx5m=11,25m² conforme ASVV (1998), citado em Costa (2008), o tempo máximo de ocupação de 1 dia (24 horas) e o mínimo de ocupantes do veículo (1 ocupante) calculou-se a situação mais desfavorável para este indicador, ou seja, de *score* igual a 0,00.

Para a situação mais favorável entendeu-se considerar uma ocupação de 5 horas para um veículo com 3 ocupantes a partir da qual o *score* será sempre igual a 1,00.

Gráfico da função de normalização:



D4.1.1 Distribuição modal por viagem

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais uso de transporte privado (-)

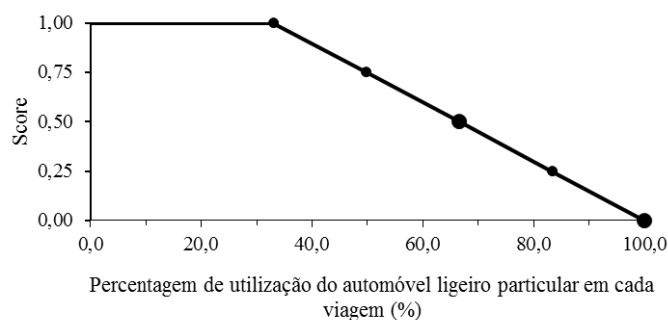
| <i>Score</i> | Valores de referência Porcentagem de utilização de modos de transporte em cada viagem. |
|--------------|--|
| 1,00 | 33,0% ou menos em automóvel ligeiro particular e 77,0% ou mais em outros modos de transporte |
| 0,75 | 49,8% automóvel ligeiro particular e 50,2% para outros modos de transporte |
| 0,50 | 66,5% automóvel ligeiro particular e 33,5% outros modos de transporte (transporte coletivo, motociclo, bicicleta ou a pé) |
| 0,25 | 83,3% automóvel ligeiro particular e 16,7% para outros modos de transporte |
| 0,00 | 100,0% automóvel ligeiro particular e 0,0% para outros modos de transporte |

De acordo com Seabra *et al.* (2014) a repartição modal é composta pelos seguintes modos de transporte: a pé, autocarro, comboio, transporte coletivo (Empresa/Escola), automóvel ligeiro particular, motociclo e bicicleta. Os respetivos valores nacionais apresentados para Cidades fora das Áreas Metropolitanas com população residente entre 20 000 e 50 000 habitantes, relativos ao ano de 2011, são: 22,9% a pé, 9,4% transporte coletivo, 66,5% automóvel ligeiro particular e 0,7% motociclo e 0,4% bicicleta (Seabra *et al.*, 2014).

Considerando que os pontos de controlo da função de normalização foram definidos atendendo à utilização do automóvel ligeiro particular como modo de transporte principal, estes modos foram agrupados em duas classes: automóvel ligeiro particular e outros modos de transporte. Assim, propõe-se como valores de referência para o *score* intermédio (0,50) 66,5% de uso de automóvel ligeiro particular e 33,5% para outros modos de transporte, correspondente ao somatório de todos os restantes modos de transporte para cidades médias com população entre 20 000 e 50 000 habitantes. A escolha desta categoria de cidades deve-se à dimensão da cidade analisada no caso de estudo.

Como ponto de controlo para o *score* 0,00, sendo a situação mais pessimista, associou-se à total utilização do automóvel ligeiro particular.

Gráfico da função de normalização:



D4.2.1 Acidentes de trânsito

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais acidentes (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Percentagem de acidentes com vítimas (feridos ou mortos) ocorridos durante um ano, por residente em área urbana (cidade). |
|--------------|--|
| 1,00 | 0,140% ou menos (até sem registo de acidentes com vítimas) |
| 0,75 | 0,351% |
| 0,50 | 0,561% (Valor médio calculado para Portugal Continental) |
| 0,25 | 0,772% |
| 0,00 | 0,982% ou mais |

Considerando o número de acidentes com vítimas ocorridos dentro das localidades para o período de 2011 a 2015 (Tabela 4.15) e que segundo o Instituto Nacional de Estatística em 2011 residiam 4 199 392 indivíduos nas cidades de Portugal Continental, foi calculado o valor médio anual de acidentes de trânsito com vítimas, por indivíduo residente em área urbana (cidade), e a respetiva percentagem, seguindo a formulação de cálculo deste indicador (Secção 4.3). Por ser um valor médio nacional, atribuiu-se o *score* intermédio de 0,50.

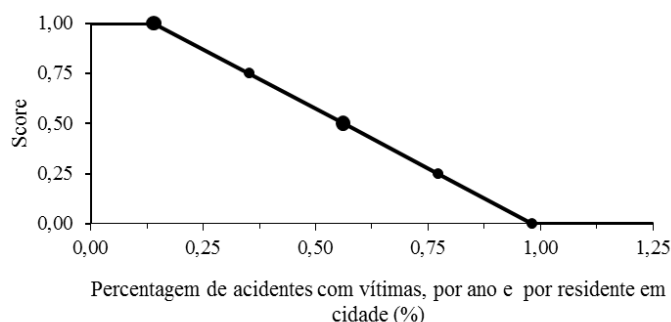
Tabela 4.15 – Número de acidentes com vítimas em localidades

| Ano | N.º Acidentes com vítimas dentro das localidades |
|------|--|
| 2011 | 24214 |
| 2012 | 22775 |
| 2013 | 22946 |
| 2014 | 23224 |
| 2015 | 24657 |

Fonte: Autoridade Nacional para a Segurança Rodoviária
<http://www.ansr.pt/Estatisticas/RelatoriosDeSinistralidade/Pages/default.aspx>

Considerou-se para o *score* 1,00 o valor correspondente a 25% do valor médio nacional, admitindo que é impossível alcançar o “zero” acidentes.

Gráfico da função de normalização:



D4.3.1.1 Número de viagens diárias (Transporte público)

Maior valor/Maior score

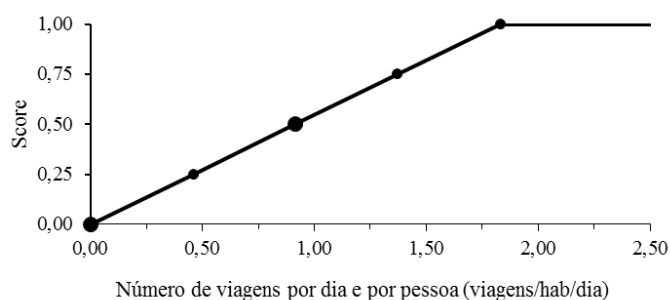
Maior valor, maior número de viagens (+)

| <i>Score</i> | Valores de referência Número de viagens diárias por pessoa. |
|--------------|---|
| 1,00 | 1,83 viagens/hab/dia ou mais |
| 0,75 | 1,37 viagens/hab/dia |
| 0,50 | 0,915 viagens/hab/dia |
| 0,25 | 0,458 viagens/hab/dia |
| 0,00 | 0,0 viagens/hab/dia |

Conforme apresentado em Costa (2007), a análise de dezasseis aglomerados urbanos relativamente heterogéneas, de dimensão média mais elevada, onde a intensidade de utilização das redes de transporte público é alta e onde se verificou o aumento generalizado da oferta de transporte público entre 1985 e 2000, nas quais se incluem Lisboa e Porto, o número de viagens em transporte público realizadas por habitante e por ano é igual a 334 viagens. Apesar de este ser apenas um dado para um conjunto restrito de aglomerados, no entanto heterogéneas, foi usado no cálculo do número de viagens diárias por pessoa, para o ponto de controlo da função de normalização associado ao *score* 0,50.

Para *score* 0,00 considerou-se uma visão muito pessimista, ou seja, o não uso do transporte público pela população.

Gráfico da função de normalização:



D4.3.1.2 Número de viagens diárias (Transporte privado)

Maior valor/Menor score

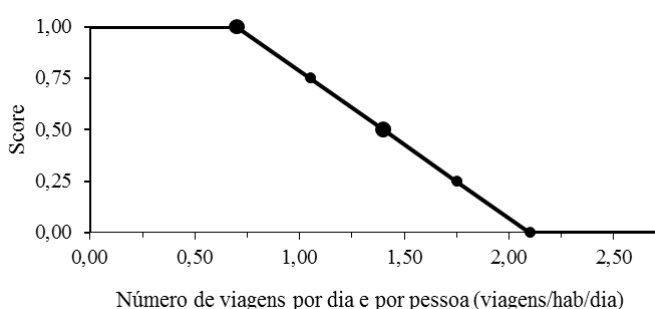
Maior valor, maior número de viagens (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Número de viagens por pessoa, por dia. |
|--------------|--|
| 1,00 | 0,70 viagens/hab/dia ou menos |
| 0,75 | 1,05 viagens/hab/dia |
| 0,50 | 1,40 viagens/hab/dia |
| 0,25 | 1,75 viagens/hab/dia |
| 0,00 | 2,10 viagens/hab/dia ou mais |

O ponto de controlo correspondente ao *score* 0,50 foi definido considerando o número de viagens motorizadas realizadas diariamente por habitante, respeitante à Área Metropolitana de Lisboa e relativo ao ano de 1998 apresentado em Costa (2007).

Entendeu-se que o *score* 1,00 poderá corresponder a uma redução do número de viagens para metade. No entanto, considerando que o valor de referência é de 1998, será aconselhável identificar se para a cidade em estudo os pontos de controlo definidos para o processo de normalização são adequados.

Gráfico da função de normalização:



D4.3.2 Utilização de carro privado

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais uso de carro privado (-). Escala qualitativa.

A avaliação deste indicador e a respetiva normalização resulta de um conjunto de fatores agregados e que podem ser obtidos através de inquéritos e de análise do comportamento dos habitantes da cidade. Por outro lado, em relação ao estacionamento é avaliado o modelo adotado para a cobrança ou não de taxa de estacionamento. Deste modo, para a avaliação e normalização poderá ser necessário fazer algumas adaptações ao modelo apresentado na Tabela 4.4 da Secção 4.3. No caso de uma cidade em que todos os critérios, exceto o estacionamento, correspondam ao *score* 1,00, mesmo que haja ausência de taxa de estacionamento o mais adequado será manter esse *score*. Ou seja, deve existir alguma flexibilidade na normalização deste indicador.

D4.4.1 Tempo de viagem

Maior valor/Menor score

Maior valor, maior tempo de viagem (-)

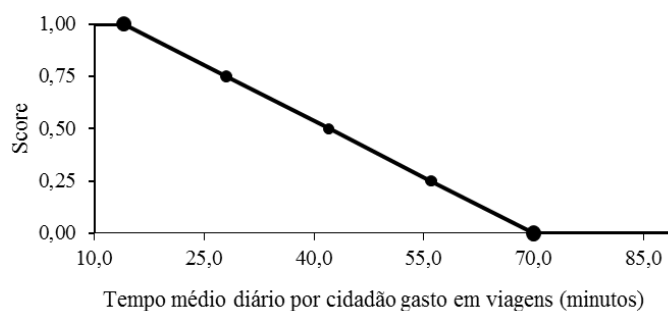
| <i>Score</i> | Valores de referência Tempo médio diário gasto em viagens por cada cidadão. |
|--------------|--|
| 1,00 | 14 minutos ou menos |
| 0,75 | 28 minutos |
| 0,50 | 42 minutos |
| 0,25 | 56 minutos |
| 0,00 | 70 minutos ou mais |

Segundo Lindelöw (2018), ao longo do Século XX a distância diária percorrida aumentou rapidamente, enquanto que o tempo de viagem permaneceu relativamente constante entre 70 a 80 minutos. Para explicar essa possível constância alguns investigadores sugerem, de acordo com este autor, que os seres humanos são biologicamente programados para não viajar muito mais do que uma hora por dia. Propõe ainda que o tamanho da cidade deve ser medido como uma “largura de 70 minutos”, ou seja, a distância que pode ser coberta por um meio de transporte usado pela maioria dos habitantes da cidade durante este tempo. No entanto, o tempo diário de viagem por pessoa pode estender-se entre alguns minutos a várias horas, não sendo conveniente para a maioria das pessoas alocar mais de 90 minutos para viagens diárias.

Considerando que o tempo de viagem afeta o tamanho, as características e a função de uma cidade, bem como a forma como os cidadãos estruturam a sua vida quotidiana, é fundamental olhar para além da questão da mobilidade e estruturar o desenvolvimento do espaço urbano no sentido de diminuir os tempos de viagem.

Atendendo a que não existe valor *standard* e considerando o exposto, propõe-se para a avaliação deste indicador a atribuição do *score* 0,00 para tempos de viagem iguais ou maiores que 70 minutos. Por outro lado, ao *score* 1,00 propõe-se a atribuição de um valor de maior sustentabilidade para a cidade com tempos de viagem iguais ou menores que 14 minutos (20% do maior tempo).

Gráfico da função de normalização:



D4.4.2.1 Distância média diária percorrida (Viagens motorizadas)

Maior valor/Maior score

Maior valor, maior distância percorrida (+)

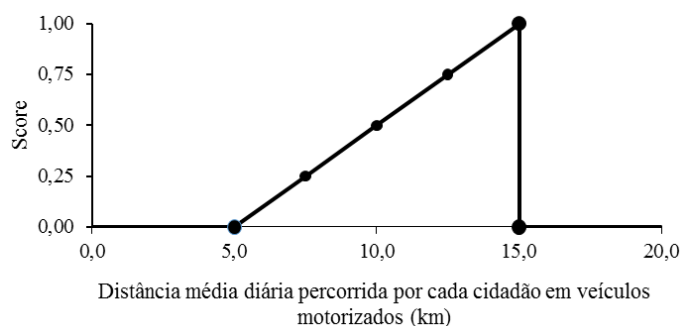
| <i>Score</i> | Valores de referência Distância média diária percorrida por cada cidadão em veículos motorizados. |
|--------------|--|
| 1,00 | 15 km |
| 0,75 | 12,5km |
| 0,50 | 10km |
| 0,25 | 7,5km |
| 0,00 | 5km ou menos ou maior que 15km |

De acordo com *Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report on Human Settlements 2013*, o desenvolvimento de um sistema de transporte sustentável começa com a organização do espaço urbano, de modo a reduzir o número de viagens e o comprimento das distâncias percorridas. Segundo o Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) as distâncias percorridas diariamente ultrapassam os 23 km/indivíduo, incluindo crianças.

Por outro lado, considera-se que as distâncias curtas realizadas por veículos automóveis agravam os impactos provocados por este meio de transporte, como o congestionamento da cidade e a emissão de gases poluentes, podendo estas viagens serem substituídas por modos suaves. De acordo com a Comissão Europeia, no documento “Cidades para Bicicletas, Cidades de Futuro” publicado em 2000, a bicicleta constitui, na maior parte das vezes, um meio de deslocação tão rápido como o automóvel, referindo que para a distância de 5km os tempos de percurso destes dois modos de transporte são iguais. Segundo ainda esta fonte, na Europa, 30% dos trajetos efetuados em automóvel cobrem distâncias inferiores a 3 km, e 50% são inferiores a 5 km.

Deste modo e considerando que não existe valor *standard*, entendeu-se que a avaliação deste indicador deveria penalizar as distâncias curtas efetuadas com a utilização do veículo motorizado em benefício da mobilidade por modos suaves. Assim, propõe-se para o *score* 0,00 valores de distância menores que 5km. No entanto, e no seguimento do exposto acima, considera-se que o desenvolvimento sustentável da cidade fica comprometido com distâncias de percurso elevado, pelo que se propõe também o *score* 0,00 para distâncias superiores a 15km (3 vezes a distância mínima). Para estes casos entende-se que a cidade deverá ser penalizada, dado que a exigência de maiores distâncias de percurso pode ser revelador da fraca organização do espaço urbano, logo de menor sustentabilidade urbana. Por outro lado, considera-se que a cidade poderá ser sustentável até a distância de 15km, pelo que para este valor é proposto o *score* 1,00.

Gráfico da função de normalização:



D4.4.2.2 Distância média diária percorrida (Viagens não motorizadas)

Maior valor/Maior score

Maior valor, maior distância percorrida (+). Escala qualitativa.

A avaliação deste subindicador e a respetiva normalização resulta de um conjunto de fatores agregados e que podem ser obtidos por análise direta da cidade sobre a oferta de equipamentos urbanos e de condições que fomentem a mobilidade urbana por modos não motorizados.

O valor do *score* normalizado a aplicar ao subindicador resulta da escala de avaliação qualitativa ordinal apresentada na Tabela 4.5 da Secção 4.3.

D4.5.1 Congestionamento

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais congestionamento (-). Escala qualitativa.

Tratando-se de um critério de natureza qualitativa, os valores da normalização resultam da escala de avaliação qualitativa ordinal apresentada na Tabela 4.6 da Secção 4.3.

D4.6.1 Custos para a comunidade

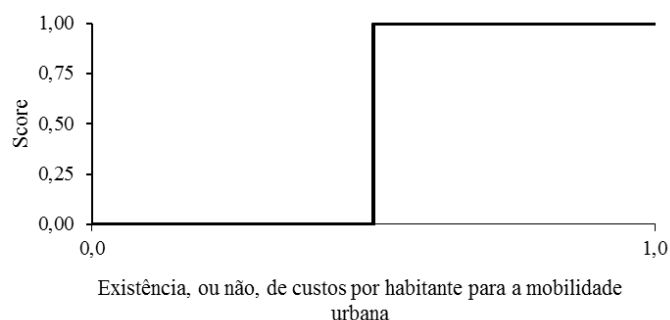
Maior valor/Maior score

Maior valor, mais custos como incentivo para reduzir o tráfego urbano (+)

| <i>Score</i> | Valores de referência |
|--------------|---|
| 1,00 | Existência, ou não, de custos por habitante para a mobilidade urbana. |
| 0,00 | Existem taxas aplicadas à mobilidade urbana. |
| 0,00 | Não existem taxas aplicadas à mobilidade urbana. |

Atendendo a que não há valor *standard*, o indicador deverá ser avaliado tendo em conta a identificação da existência, ou não, de taxas locais aplicadas à mobilidade urbana. Considerando que estas poderão representar um meio de desincentivo ao uso do transporte privado dentro da cidade, melhorando assim a sustentabilidade urbana, cada estudo deverá estabelecer uma base de avaliação de forma a atribuir o *score* 1,0 caso sejam aplicadas taxas e o *score* 0,0 para a sua inexistência.

Gráfico da função de normalização:



D4.6.2.1 Despesas para transporte público

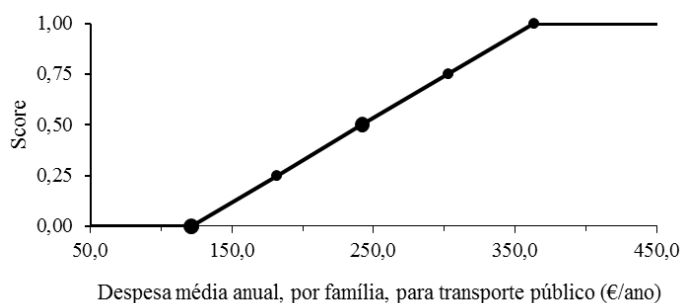
Maior valor/Maior score

Maior valor, mais utilização do transporte público (+)

| <i>Score</i> | Valores de referência Despesa média anual por família para transporte público. |
|--------------|---|
| 1,00 | 363,0€ ou mais |
| 0,75 | 302,5€ |
| 0,50 | 242,0€ (Despesa total anual média por agregado familiar em serviços de transporte, segundo a Classificação do Consumo Individual por Objetivo (COICOP), para o período de 2015/2016). Fonte: Inquérito às Despesas das Famílias 2015/2016 (INE, 2017) |
| 0,25 | 181,5€ |
| 0,00 | 121,0€ ou menos |

Entendeu-se que o *score* 0,00 poderá corresponder a uma redução do custo médio anual para metade, relativamente ao valor de referência proposto para o *score* 0,50. No entanto, considerando que o valor de referência usado para o *score* 0,50 é baixo, tendo em conta que se refere a despesas anuais por agregado familiar, será adequado identificar para a cidade em estudo se este processo de normalização é o mais adequado. Assim, entende-se que o mesmo deverá ser analisado ao longo do tempo de forma a ajustar a normalização deste indicador ao momento.

Gráfico da função de normalização:



D4.6.2.2 Custo de utilização de veículo privado

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais custos (-)

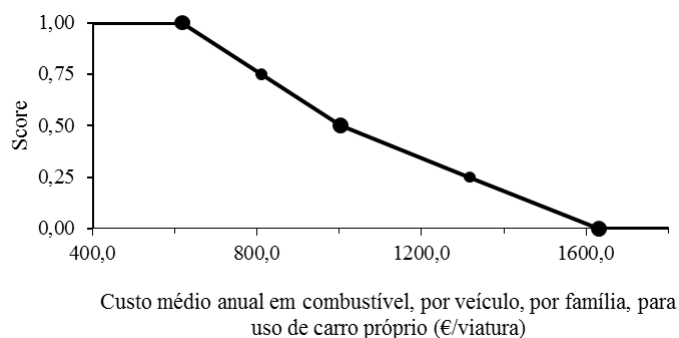
| Score | Valores de referência Custo médio anual por família para uso de carro próprio. |
|--------------|--|
| 1,00 | 618€ (por viatura) ou menos |
| 0,75 | 810€ |
| 0,50 | 1002€ (por viatura) (Custo médio anual nacional, por família) |
| 0,25 | 1317€ |
| 0,00 | 1632€ (por viatura) ou mais |

Segundo o *LeasePlan CarCost Index 2016 Europe*, o custo médio mensal de combustível na Europa é de 100€ para a gasolina e 67€ para o gasóleo, por veículo. A alta taxa de combustível faz da Itália o lugar mais caro para uso de carros a gasolina, com um custo médio mensal por veículo de 136€. As grandes reservas nacionais de petróleo tornam a Rússia o país menos dispendioso para uso de carros a gasolina (54 euros em média) e a Polónia é o país mais económico para uso de carro a gasóleo, com apenas 49€ de média mensal por veículo. Assim, a média mensal por viatura para a Europa é de 83,50€ ou 1002€ anuais; os maiores custos em combustível correspondem à Itália, com um custo médio anual para gasolina por veículo de 1632€; os menores custos em combustível surgem na Rússia e Polónia, com o custo médio mensal em combustível por veículo de 51,50€ ou 618€ anuais.

Para pontos de controlo da função de normalização adotaram-se como valores de referência o custo médio anual europeu com o *score* 0,50, o custo médio anual relativo à Rússia e Polónia com o *score* 1,00 e o custo médio anual respeitante à Itália com o *score* 0,00.

Saliente-se que os valores apresentados no quadro acima correspondem a apenas uma viatura por família e dizem apenas respeito ao consumo de combustível. Assim, de modo a aperfeiçoar o processo de normalização em avaliações futuras poderão ser considerados outros custos associados ao uso de veículo privado, desde que também sejam tidos em conta na formulação de cálculo do subindicador.

Gráfico da função de normalização:



D4.6.2.3 Custos de estacionamento

Maior valor/Maior score

Maiores custos de estacionamento, melhor sustentabilidade para a cidade. Os custos de estacionamento podem ser uma medida para dificultar o acesso de veículos para dentro da cidade (+)

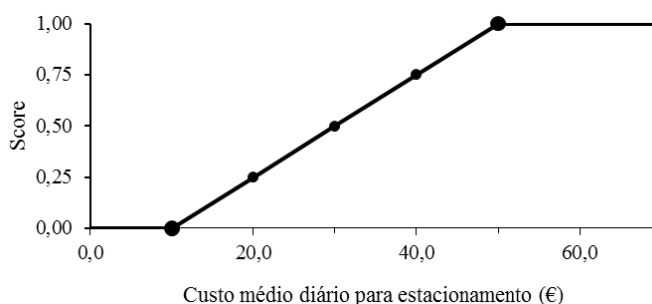
Para o *score* 1,00 considerou-se como valor de referência o custo médio diário praticado na cidade de Londres (50€), a qual é considerada a mais cara do mundo para estacionar o carro. Atendendo a que custos elevados de estacionamento podem constituir uma medida positiva para

a sustentabilidade da cidade, propõe-se ainda que o *score* 1,00 seja aplicado para valores superiores a 50€.

A consulta de vários sítios na internet revelou que a tarifa máxima diária de alguns parques de estacionamento em Portugal não excede os 10€. Assim, considerou-se este valor, ou menor, como referência para o cálculo do ponto de controlo com *score* 0,00.

| <i>Score</i> | Valores de referência Custo médio diário para estacionamento. |
|--------------|--|
| 1,00 | 50,0€ ou mais Fonte: https://greensavers.sapo.pt/2013/12/londres-tem-o-estacionamento-mais-carodo-mundo-com-lista/ |
| 0,75 | 40,0€ |
| 0,50 | 30,0€ |
| 0,25 | 20,0€ |
| 0,00 | 10,0€ ou menos |

Gráfico da função de normalização:



D4.6.2.4 Estacionamento residencial

Maior valor/Menor score

Maior valor, mais custos para os agregados familiares e menos apoio ao estacionamento residencial (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Custo anual por veículo. |
|--------------|---|
| 1,00 | 25,0€ ou menos (Valor praticado na cidade do Porto para o primeiro veículo por fogo). Fonte: http://eporto.pt/pt/horarios-e-tarifas |
| 0,75 | 239,3€ |
| 0,50 | 453,6€ |
| 0,25 | 667,8 |
| 0,00 | 882,1€ ou mais Fonte: https://www.theguardian.com/money/2016/may/23/cost-residential-parking-permits-rises-50-per-cent-five-years |

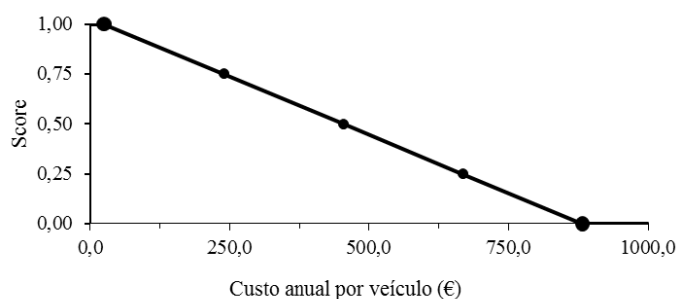
Segundo o Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT, 2011a) a dotação de estacionamento para residentes em locais próprios tem um forte impacto na diminuição da

taxa de utilização do automóvel nos movimentos intraurbanos de curta distância (até 3km), sendo significativo o tráfego intraurbano gerado só pela procura de lugar para estacionamento.

De acordo com o jornal *The Guardian* o custo médio de uma autorização anual para estacionamento residencial no Reino Unido é de £64 (71,92€). No entanto, na cidade de Birmingham podem ser emitidas licenças com o custo anual de £785 (882,13€), sendo a cidade mais cara do país. Segue-se a cidade de Manchester, onde alguns motoristas podem pagar £750, Edimburgo (£600) e London Borough of Islington (£545).

Considerando que o custo mais elevado encontrado na pesquisa corresponde ao preço praticado em Birmingham, o qual representa menor sustentabilidade, propõe-se este valor, ou maior, para o ponto de controlo de *score* 0,00.

Gráfico da função de normalização:



D4.7.1 Estacionamento público

Maior valor/Maior score

Maior valor, melhor oferta (+). Escala qualitativa.

Atendendo a que não há valor *standard*, o indicador deverá ser normalizado de uma forma qualitativa para cada cidade, considerando a oferta de lugares de estacionamento e as políticas aplicadas para a sua gestão. A escala de avaliação a aplicar na atribuição do *score* normalizado foi apresentada na Tabela 4.7 da Secção 4.3.

D4.8.1 Taxas locais

Maior valor/Menor score

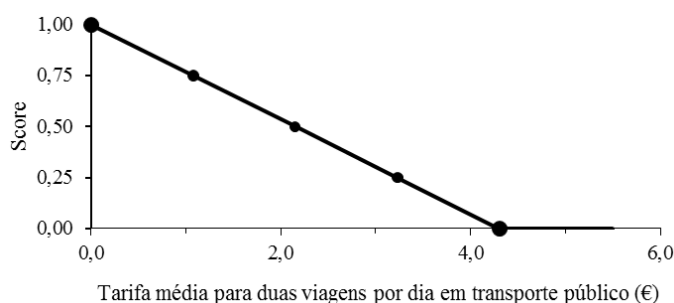
Maior valor, mais custos logo menor sustentabilidade) (-)

Algumas cidades europeias eliminaram a cobrança de tarifas no respetivo sistema de transporte público. São exemplos: a cidade de Hasselt (Bélgica) desde 1997, a cidade de Châteauroux (França) em 2001, a área metropolitana de Aubagne (França) em 2009 e Tallinn (Estónia) em 2013. No entanto, na maioria das cidades europeias as viagens em transportes públicos têm um custo associado. Apresentam-se como exemplos: Barcelona em que o preço do bilhete do Metro é de 2,15€/viagem; Lisboa cujo custo por bilhete Carris/Metro para toda a rede é de 1,45€/viagem; Porto com o preço por bilhete do Metro de 1,20€/viagem.

| <i>Score</i> | Valores de referência Custos (€) – Tarifa média praticada pelos transportes públicos urbanos para duas viagens por dia. |
|--------------|---|
| 1,00 | 0€ |
| 0,75 | 1,08€ |
| 0,50 | 2,15€ |
| 0,25 | 3,23€ |
| 0,00 | 4,30€ ou mais |

Considerando uma visão muito pessimista, foi adotado o maior valor respeitante à cidade de Barcelona para o *score* 0,00. Por outro lado, por se tratar de uma medida bastante otimista do ponto de vista da sustentabilidade urbana, foi adotado o valor de 0€ para o *score* 1,00.

Gráfico da função de normalização:



D4.9.1 Qualidade do ar

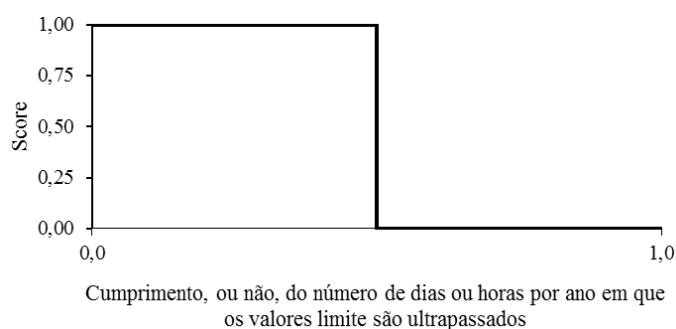
Maior valor/Menor score

Maior valor, mais emissão de gases logo menor sustentabilidade (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência N.º dias ou horas por ano em que os valores limite são ultrapassados. |
|--------------|---|
| 1,00 | Se nunca entrou em incumprimento relativamente ao número de dias ou horas por ano para cada um dos poluentes do ar. |
| 0,00 | Sempre que tenha incumprido relativamente ao número de dias ou horas por ano para cada um dos poluentes do ar. |

De acordo com o referido no relatório da qualidade do ar na Europa (EEA, 2016), referindo a Diretiva Comunitária 2008/50/CE, as emissões de ozono (O₃) não devem exceder mais de 25 dias/ano; as partículas em suspensão PM₁₀ não devem exceder mais que 35 dias/ano; o dióxido de enxofre (SO₂) não deve exceder mais de 3 dias/ano; o dióxido de nitrogénio (NO₂) não deve exceder mais de 18 horas/ano; não serem registadas excedências do valor limite legal de monóxido de carbono (CO). Assim, será aplicado à cidade o *score* 1,00 se nunca entrou em incumprimento (nenhum máximo de dias foi ultrapassado); para o *score* 0,00 basta que não cumpra um dos períodos referidos.

Gráfico da função de normalização:



D4.9.2 Emissão de gases poluentes

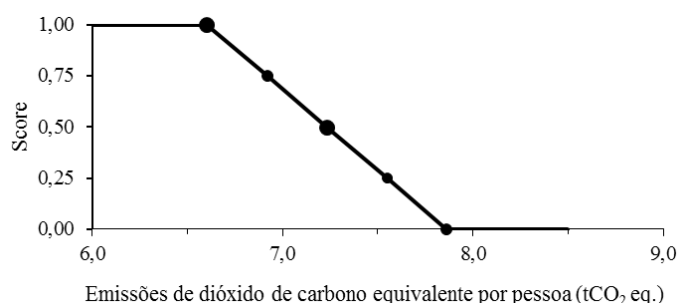
Maior valor/Menor score

Maior valor, mais emissão de gases logo menor sustentabilidade (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência |
|--------------|--|
| | Emissões de dióxido de carbono equivalente por pessoa. |
| 1,00 | 6,60 tCO₂ eq. ou menos (valor atingido em 2011) |
| 0,75 | 6,92 tCO ₂ eq. |
| 0,50 | 7,23 tCO₂ eq. (Valor médio nacional – meta do Protocolo de Quioto) |
| 0,25 | 7,55 tCO ₂ eq. |
| 0,00 | 7,86 tCO ₂ eq. ou mais |

No âmbito do Protocolo de Quioto Portugal está obrigado a limitar as suas emissões em 27% face ao valor das emissões verificadas em 1990. A quantidade atribuída para Portugal é de 382 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂ (Mt CO₂ eq.), representando um valor médio anual de 76,39 Mt CO₂ eq. Considerando que a população residente em Portugal (Censos 2011) é de 10 562 178, então a meta é de 7,23t CO₂ eq. por pessoa. Em 2011, registava-se uma emissão de 6,6 t CO₂ eq. por pessoa. Em 2010 este rácio era de 6,8 t CO₂ eq. por pessoa (INE, 2013a). Para o cálculo da função de normalização propõe-se o *score* 1,00 para o valor nacional atingido em 2011, ou menores valores; o valor médio nacional proposto como meta a atingir pelo Protocolo de Quioto, com o *score* 0,50.

Gráfico da função de normalização:



D4.9.3 Resíduos gerados pelo transporte

Maior valor/Menor score

Mais resíduos, menor sustentabilidade (-). Escala qualitativa.

Atendendo a que não há valor *standard*, o indicador deverá ser normalizado de uma forma qualitativa para cada cidade, considerando as normas estabelecidas pela Diretiva 2000/53/CE do Parlamento Europeu, Artigo 7.º a respeito da reutilização e valorização dos veículos em fim de vida. A escala de avaliação a aplicar na atribuição do *score* normalizado foi apresentada na Tabela 4.8 da Secção 4.3.

D4.9.4 Ruído urbano

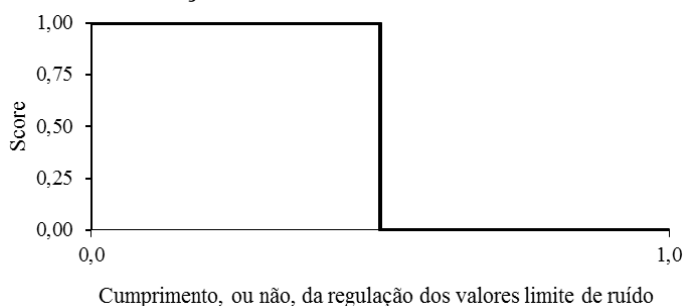
Maior valor/Menor score

Maior intensidade de ruído logo menor sustentabilidade, menor score (-)

| Score | Valores de referência |
|--------------|--|
| | Cumprimento da regulação dos valores limite de ruído. |
| 1,00 | São cumpridos os valores limite fixados por lei. |
| 0,00 | Sempre que se identifique alguma zona onde os níveis de ruído ambiente exterior são ultrapassados relativamente aos indicadores L_{den} ou L_n . |

Os valores limite de exposição ao ruído ambiente exterior para avaliação do indicador são estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro. Assim, sempre que em alguma zona da cidade os valores-limite relativos a L_{den} ou L_n sejam ultrapassados, entende-se que a cidade entra em incumprimento pelo que se aplicará o *score* 0,00; contrariamente será aplicado o *score* 1,00 quando todos os valores limite forem cumpridos para todas as zonas da cidade.

Gráfico da função de normalização:



D4.10.1 Deslocações pedonais e de bicicleta

Maior valor/Maior score

Maior valor, mais sustentabilidade (+)

| Score | Valores de referência |
|--------------|--|
| | Percentagem de população que anda a pé ou de bicicleta |
| 1,00 | 30,0% ou mais |
| 0,75 | 27,0% |
| 0,50 | 24,0% (Valor médio para Portugal) |
| 0,25 | 21,0% |
| 0,00 | 18,0% ou menos |

O cálculo da normalização deste indicador baseou-se nos valores percentuais de população que anda a pé ou de bicicleta apresentados no Relatório *Special Eurobarometer 422a*

da União Europeia (UE, 2014). A Tabela 4.16 mostra as percentagens para alguns países europeus. De modo a melhor diversificar a análise dos hábitos de transporte dos europeus foram selecionados países do Norte e do Sul da Europa. Apresenta-se ainda a média da União Europeia.

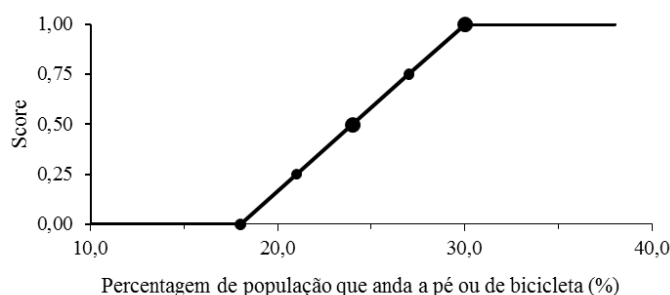
Tabela 4.16 – Percentagens de uso dos modos pedonal e bicicleta

| País | Andar de bicicleta | Andar a pé | Total |
|-----------|--------------------|------------|-------|
| Holanda | 36% | 4% | 40% |
| Dinamarca | 23% | 7% | 30% |
| Suécia | 17% | 12% | 29% |
| Grécia | 2% | 20% | 22% |
| Espanha | 3% | 25% | 28% |
| Portugal | 1% | 23% | 24% |
| Itália | 6% | 13% | 19% |
| França | 4% | 10% | 14% |
| Eslovénia | 9% | 10% | 19% |
| EU28 | 8% | 14% | 22% |

Fonte: Special Eurobarometer 422a – Quality of Transport (UE, 2014)
http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_422a_en.pdf

Considerando que a função de normalização deverá ser abrangente e incluir valores representativos da Europa, foram selecionados para os pontos de controlo o valor respeitante a Portugal com o *score* 0,50 por ser a média nacional e o valor correspondente à Dinamarca com o *score* 1,00. Deste modo, consegue-se um equilíbrio entre os Países com maior percentagem de andar a pé ou de andar de bicicleta.

Gráfico da função de normalização:



D4.11.1 Consumo de combustível

Maior valor/Menor score

Maior valor, menos sustentabilidade (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Toneladas equivalentes de petróleo (tep), por ano, por habitante. |
|--------------|--|
| 1,00 | 0,493tep/ano/hab ou menos |
| 0,75 | 0,509tep/ano/hab |
| 0,50 | 0,524tep/ano/hab (valor médio para Portugal) |
| 0,25 | 0,540tep/ano/hab |
| 0,00 | 0,555tep/ano/hab ou mais |

Considerando o consumo de combustível em transporte rodoviário, para o período de 2010 a 2014 (Tabela 4.17), e a população total residente em Portugal dos Censos de 2011, foi calculado o valor médio anual de consumo de combustível em transporte rodoviário, por habitante. Por ser um valor médio nacional, atribuiu-se o *score* intermédio de 0,50.

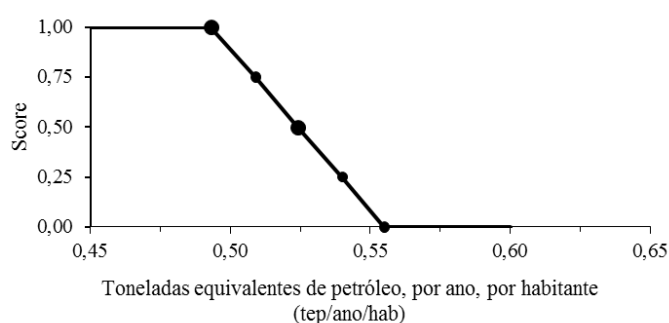
Tabela 4.17 – Consumo de combustível para transporte rodoviário

| Ano | Consumo de combustível no transporte rodoviário |
|------|---|
| 2010 | 6 193 453tep |
| 2011 | 5 758 324tep |
| 2012 | 5 284 058tep |
| 2013 | 5 155 350tep |
| 2014 | 5 256 184tep |

Fonte: DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia
Relatórios de Estatísticas dos Transportes do Instituto Nacional de Estatística

Segundo a Entidade Nacional para o Mercado de Combustível (ENMC, 2017) os produtores de combustível são obrigados a reduzir a intensidade dos gases com efeito de estufa, resultante da mistura de combustíveis, na União Europeia de 6% em 2020, em comparação a 2010. De acordo com a Organização Europeia de Consumidores (BEUC) a redução de 1% no consumo de combustíveis representa 1% na redução de emissões de CO₂ (BEUC, 2012). Seguindo a indicação destes dados, foi calculado o valor correspondente a 6% de redução do consumo médio anual de combustível para Portugal. Considerando que esta é uma meta a atingir até 2020 e de maior sustentabilidade, em comparação com a média nacional, foi associado ao *score* 1,00.

Gráfico da função de normalização:



D4.12.1 Acessibilidade à informação

Maior valor/Maior score

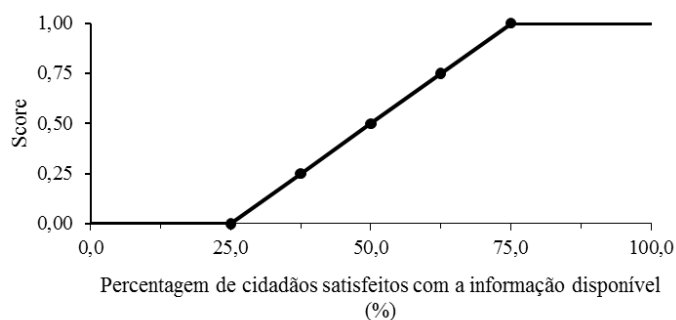
Mais informação, mais sustentabilidade (+).

Dividiu-se o universo das respostas em dois grupos {Satisfeito, muito satisfeito ou extremamente satisfeito} e {Nada satisfeito ou moderadamente satisfeito}. O primeiro grupo considera os cidadãos que apresentam maiores níveis de satisfação e são designados no quadro

abaixo por satisfeitos. Este grupo define os pontos de controlo na função de normalização. Em complemento, o segundo grupo considera os cidadãos menos satisfeitos. Tratando-se de valores complementares aos apresentados para o primeiro grupo, não são referidos no quadro por razões de simplificação da leitura do mesmo. Em função da importância de cada grupo é identificado o *score*. Se as respostas forem predominantemente positivas, ou seja, pertencerem ao 1.º grupo o *score* será 1,00 ou próximo 1,00.

| <i>Score</i> | Valores de referência Satisfação dos cidadãos com a informação disponível. |
|--------------|---|
| 1,00 | 75,0% ou mais satisfeitos |
| 0,75 | 62,5% satisfeitos |
| 0,50 | 50,0% satisfeitos |
| 0,25 | 37,5% satisfeitos |
| 0,00 | 25,0% ou menos satisfeitos |

Gráfico da função de normalização:



D4.13.1 Quantidade e qualidade do transporte público

Maior valor/Maior score

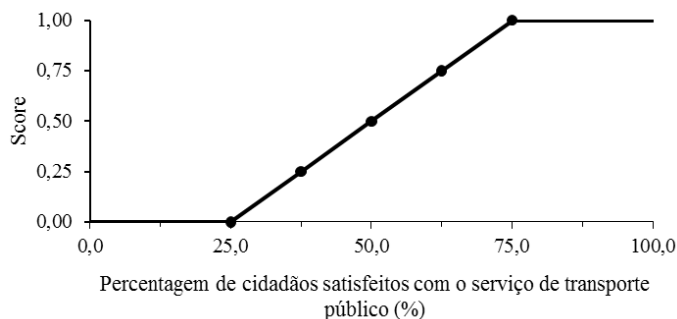
Melhor transporte, mais sustentabilidade (+).

| <i>Score</i> | Valores de referência Satisfação dos cidadãos com o serviço de transporte público. |
|--------------|---|
| 1,00 | 75,0% ou mais satisfeitos |
| 0,75 | 62,5% satisfeitos |
| 0,50 | 50,0% satisfeitos |
| 0,25 | 37,5% satisfeitos |
| 0,00 | 25,0% ou menos satisfeitos |

Dividiu-se o universo das respostas em dois grupos {Satisfeito, muito satisfeito ou extremamente satisfeito} e {Nada satisfeito ou moderadamente satisfeito}. O primeiro grupo considera os cidadãos que apresentam maiores níveis de satisfação e são designados no quadro acima por satisfeitos. Este grupo define os pontos de controlo na função de normalização. Em complemento, o segundo grupo considera os cidadãos menos satisfeitos. Tratando-se de valores complementares aos apresentados para o primeiro grupo, não são referidos no quadro por razões

de simplificação da leitura do mesmo. Em função da importância de cada grupo é identificado o *score*. Se as respostas forem predominantemente positivas, ou seja, pertencerem ao 1.º grupo o *score* será 1,00 ou próximo 1,00.

Gráfico da função de normalização:



D5.1.1 Área protegida

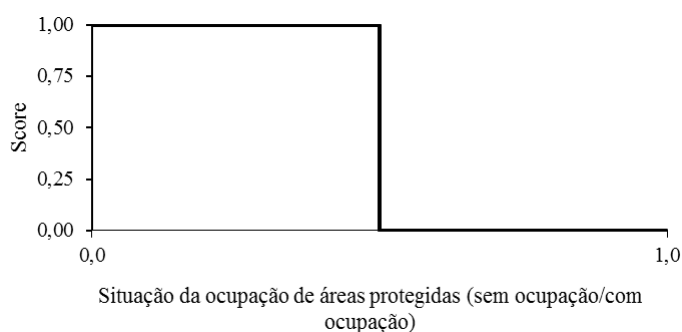
Maior valor/Menor score

Mais área ocupada, menor sustentabilidade (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Situação de ocupação de áreas protegidas. |
|--------------|---|
| 1,00 | Sem ocupação (percentagem de ocupação das áreas protegidas igual a 0%) |
| 0,00 | Sempre que existir algum tipo de ocupação ou artificialização de alguma área protegida. |

O desenvolvimento urbano sustentável deve assentar em critérios que preservem o seu património natural e cultural. Nestes moldes, a ocupação das áreas urbanas protegidas compromete a sustentabilidade da cidade. Assim, entendendo-se que estas áreas devem ser preservadas e considerando que não existe valor *standard*, propõe-se a utilização de uma escala binária, com valores de *score* 0,00 e 1,00, para a avaliação deste indicador e a respetiva normalização. Assim, será aplicado à cidade o *score* 1,00 se a percentagem de área protegida ocupada ou artificializada é igual a 0% (sem ocupação, máxima sustentabilidade); se existir algum tipo de ocupação em áreas protegidas será aplicado à cidade o *score* 0,00.

Gráfico da função de normalização:



D5.2.1 Gestão de áreas protegidas

Maior valor/Maior score

Mais legislação, maior sustentabilidade (+). Escala qualitativa.

Tratando-se de um critério de natureza qualitativa, a respetiva normalização resulta da própria avaliação do indicador. Assim, a atribuição do *score* normalizado tem por base a escala de avaliação qualitativa ordinal apresentada na Tabela a 4.9 da Secção 4.3.

D6.1.1 Riscos naturais

Maior valor/Menor score

Mais eventos, menor sustentabilidade (-)

Este indicador mede o número de eventos ocorridos num período de 100 anos. Tratando-se de uma variável discreta, o cálculo do *Z-score* permite a normalização dos valores. O valor do *Z-score* representa a distância entre o *score* a normalizar e a média das ocorrências em unidades de desvio padrão. Este representa o número de desvios padrão que um dado valor está acima (*Z-score* positivo) ou abaixo (*Z-score* negativo) da média de todas as ocorrências, representado pela curva de distribuição normal, e é dado pela Equação 4.42.

$$Z_score = a \frac{V - \mu[R]}{\sigma[R]} \quad (4.42)$$

Em que:

V é o número de ocorrências registadas (*score* a normalizar);

$\mu[R]$ é a média das diferentes ocorrências em consideração;

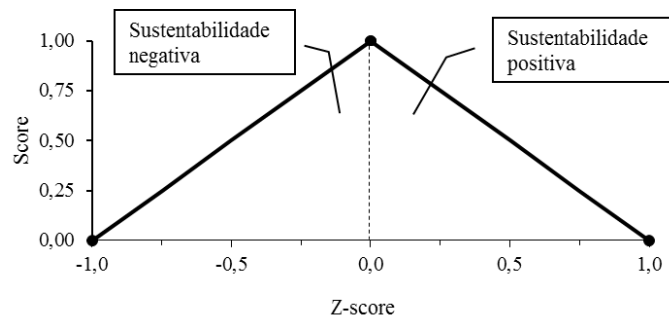
$\sigma[R]$ é o respetivo desvio padrão.

A variável a assume o valor +1 quando maiores valores do *score* contribuem positivamente para a sustentabilidade urbana, ou seja, o número de ocorrências é maior que a média; a assume o valor -1 quando maiores valores do *score* contribuem negativamente para a sustentabilidade urbana, ou seja, o número de ocorrências é menor que a média.

$Z_score = 0$, quando o número de ocorrências é igual à média, isto é: $V = \mu[R]$; $Z_score > 0$, quando contribui positivamente para a sustentabilidade urbana; $Z_score < 0$, quando contribui negativamente para a sustentabilidade urbana.

O *Z-score* é o valor a normalizar através de uma função *fuzzy* triangular, com pontos de controlo $a = 0$ e $b = \pm 1$ como os valores de *z-score*.

Gráfico da função de normalização:



D6.1.2 Vulnerabilidade da população

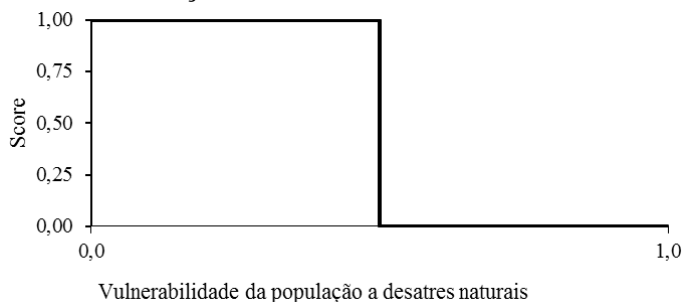
Maior valor/Menor score

Maior valor, maior vulnerabilidade da população a catástrofes naturais, menor sustentabilidade (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Vulnerabilidade da população a desastres naturais. |
|--------------|--|
| 1,00 | Não existe população a residir em zonas de risco |
| 0,00 | Existe população que reside em zonas de risco |

Sempre que se verifique que existe população cuja habitação está localizada em zonas vulneráveis à ocorrência de desastres naturais, a sustentabilidade da cidade fica comprometida. Para esta situação a cidade deverá ser penalizada com a atribuição do *score* 0,00, uma vez que os níveis de vulnerabilidade da população a catástrofes naturais são elevados. Por outro lado, se não for identificada população que resida em zonas propensas a riscos e desastres naturais, entende-se que foram implementadas políticas de proteção à população aumentando assim os níveis de sustentabilidade da cidade. Neste caso, deverá ser atribuído o *score* 1,00 à cidade.

Gráfico da função de normalização:



D6.2.1 Perdas económicas devido a desastres naturais

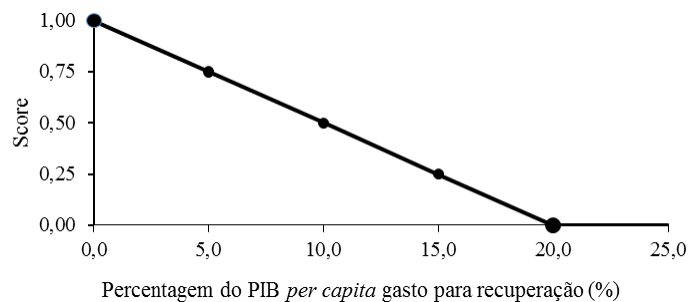
Maior valor/Menor score

Maior valor, menor sustentabilidade (-)

| <i>Score</i> | Valores de referência Percentagem do PIB <i>per capita</i> gasto para recuperação. |
|--------------|--|
| 1,00 | 0% |
| 0,75 | 5% |
| 0,50 | 10% (valor médio <i>per capita</i>) |
| 0,25 | 15% |
| 0,00 | 20% ou mais |

De acordo com Cavallo *et al.* (2010) o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* médio dos países afetados por desastres naturais é, em média, 10% menor do que era no momento do desastre, enquanto seria de cerca 18% maior no cenário em que o desastre não tivesse ocorrido. Considerando esta fonte, propõe-se para pontos de controlo da função de normalização deste indicador 0% do PIB para a situação de maior sustentabilidade (*score* igual a 1,00) e 10% do PIB como valor médio de sustentabilidade, associando-lhe o *score* 0,50.

Gráfico da função de normalização:



4.4.2 Avaliação de pesos

No que se refere à avaliação dos pesos para os critérios, considera-se que os métodos baseados na comparação de critérios par-a-par e na distribuição de pontos são os mais apropriados para este tipo de análise. O método de comparação par-a-par deve ser usado sempre que seja possível um grupo de decisores expressarem as respetivas prioridades para todos os critérios em análise, permitindo a avaliação da importância relativa dos critérios e a consequente análise comparativa dos critérios que compõem o índice. Embora seja um método complexo e demorado, que pode obrigar à iteração para garantir um grau de consistência aceitável, permite obter resultados adequados para a análise da sustentabilidade em zonas de expansão urbana. Em alternativa, o método baseado na distribuição de pontos, sendo um método mais simples, permite construir cenários de avaliação com a atribuição de pesos diretamente aos critérios. Neste caso, o decisor estabelece a importância relativa entre os critérios, recebendo estas pontuações proporcionais à sua ordem de importância. No final, a soma de todos os pesos deve reunir um valor pré-estabelecido. Assim, os critérios são ponderados de acordo com a sua importância, a partir do maior valor decrescendo a pontuação de forma ordenada até se atingir o critério menos importante.

Podem ainda ser usados outros métodos na avaliação dos pesos para os critérios. No entanto, em todas as aplicações será necessário fazer um ajustamento do modelo às condições da cidade em estudo, definindo caso a caso as ponderações a dar aos pesos.

Para o cálculo do IEUS selecionou-se o método baseado na distribuição de pontos, uma vez que não se realizou a consulta a decisores e especialistas de forma a apurar as respetivas importâncias. Contudo, este método viabiliza a aplicação do modelo a um caso de estudo, como pretendido.

4.4.3 Combinação de critérios

Os métodos de agregação de critérios designados por Combinação Linear Pesada (WLC) e Média Pesada Ordenada (OWA) possibilitam a combinação dos critérios ao longo da estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério. É também possível a combinação de ambos os métodos ao longo da estrutura hierárquica de decisão. No entanto, o procedimento OWA tem especial interesse quando se pretendem explorar diferentes cenários de risco (*ANDness*) e com variação de *trade-off*.

Para o cálculo do IEUS admite-se que até ao primeiro nível hierárquico seja aplicado o método de agregação por combinação linear pesada (WLC) com atribuição de pesos iguais a todos os critérios, produzindo assim soluções de risco neutro e máximo *trade-off*.

Porém, de modo a ser possível a análise de diferentes cenários com diferentes graus de *trade-off* e de risco, admite-se a aplicação do procedimento OWA no último nível de agregação. Para este caso, os pontos de decisão e respetivos *order weights* devem ser selecionados de modo a permitirem a simulação de várias possibilidades e também proceder à análise de sensibilidade.

4.5 IMPLEMENTAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

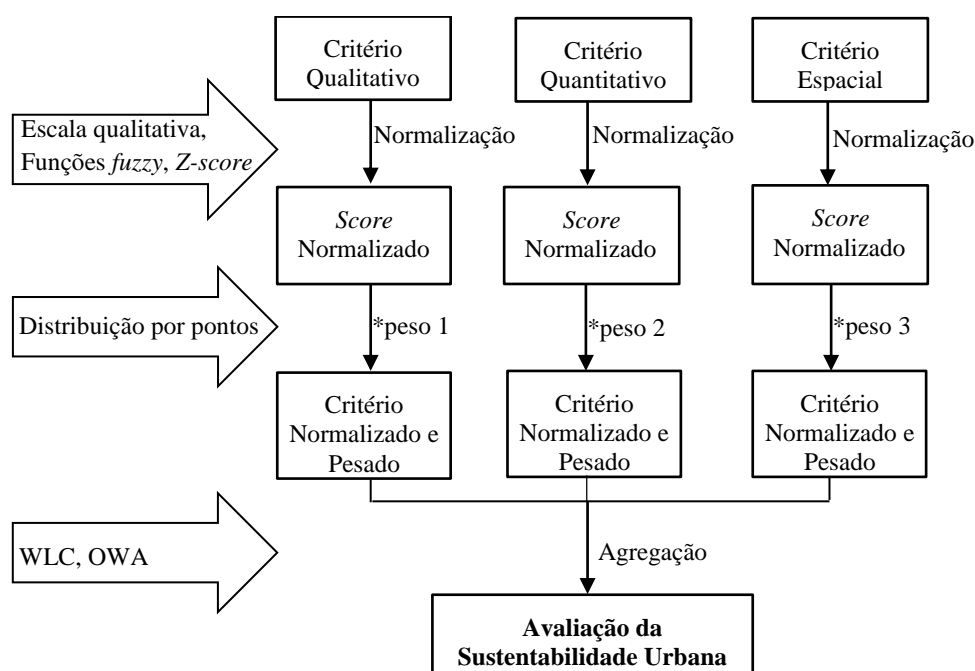
A utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite realizar várias operações de análise lógica, estatística e matemática, permitindo apresentar os resultados sob a forma de mapa, tabela, gráfico ou relatório. Um SIG permite agregar dados de diferentes origens com formatos distintos, podendo estes ser de natureza espacial, cartográfica, estatística, numérica, etc., o que viabiliza a implementação de um modelo de avaliação multicritério com grande volume de dados distintos. A possibilidade de realizar a análise espacial seguindo a metodologia pretendida é uma vantagem da utilização desta ferramenta de análise, uma vez que possibilita a visualização dos resultados em formato de imagem, facilitando a sua interpretação e análise. De acordo com o tipo de informação cartográfica dos dados a analisar, pode optar-se pela utilização de um SIG *raster* ou SIG vetorial. A avaliação multicritério pode ser implementada num SIG através de dois procedimentos. O primeiro envolve a sobreposição *booleana*, na qual todos os critérios são reduzidos a declarações lógicas de aptidão (classificadas de forma binária, 0/1) e depois combinadas por via de operadores lógicos como

a interseção (AND) e a união (OR). O segundo procedimento consiste na combinação de critérios contínuos através da normalização para uma escala comum e da aplicação de pesos para obter médias pesadas.

A implementação em SIG do modelo de análise multicritério apresentado nesta dissertação tem por objetivo realizar a análise espacial do território, o qual impõe um tratamento contínuo dos fenómenos que sobre ele ocorrem. Deste modo, no cálculo do IEUS é possível obter mapas contínuos que refletem a análise das variáveis espaciais relacionadas com a sustentabilidade urbana em zonas de expansão, quer individualmente ou por níveis de análise (grupos de critérios).

4.6 SÍNTESE DO CÁLCULO DO IEUS

O modelo de análise multicritério para o cálculo do IEUS está estruturado em diferentes níveis hierárquicos de análise, suportando vários grupos de análise. Essencialmente o IEUS é composto por critérios de natureza qualitativa, critérios de natureza quantitativa e critérios de natureza espacial. Inicialmente os critérios são calculados de acordo com a sua natureza, de modo a obter uma primeira avaliação do respetivo grupo. Posteriormente, seguindo uma sequência de ações que envolve a normalização, a atribuição de pesos e a agregação, obtém-se uma imagem ou valor que expressa o nível de sustentabilidade urbana para a respetiva dimensão em análise. A Figura 4.2 mostra a sequência das técnicas de análise multicritério a aplicar por grupo de critérios.



Adaptado de (Ramos, 2000)

Figura 4.2 – Estrutura de análise por nível e grupo de critérios

Adiante, nas Figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8, apresentam-se os fluxogramas relativos à agregação dos critérios, organizados por grupos de critérios associados a cada Domínio (1.º nível da estrutura hierárquica) e respetivos níveis hierárquicos precedentes. As figuras são apresentadas sequencialmente, de acordo com a ordem de posição do respetivo Domínio no modelo.

Na Figura 4.3 mostra-se a agregação dos critérios associados ao 1.º Domínio.

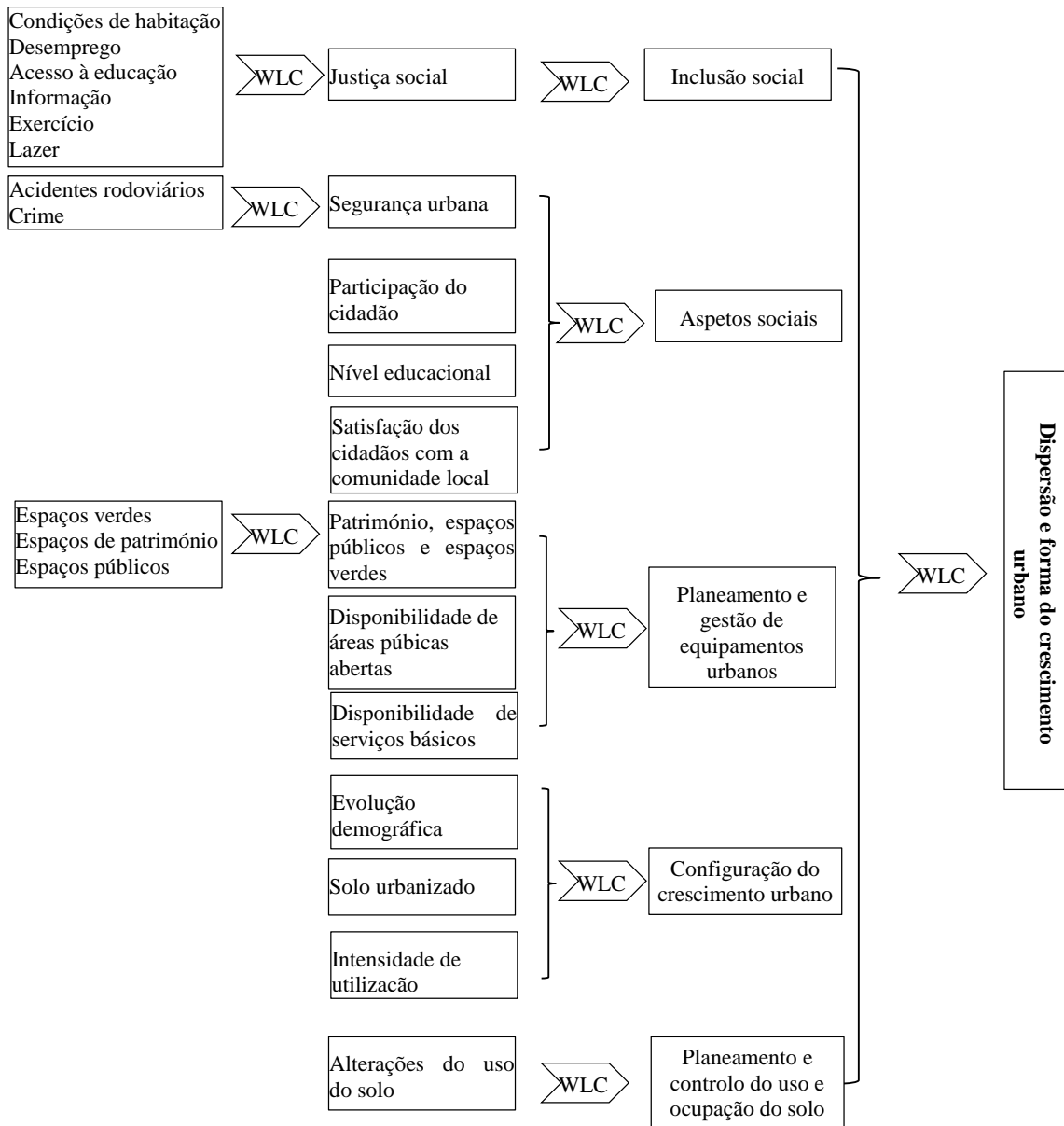


Figura 4.3 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D1

A Figura 4.4 mostra o fluxograma relativo à agregação dos critérios associados ao 2.º Domínio.

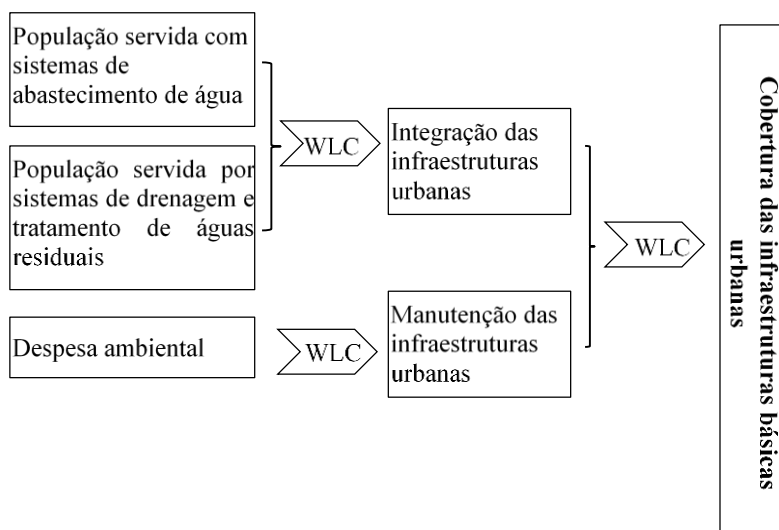


Figura 4.4 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D2

Na Figura 4.5 apresenta-se o fluxograma relativo à agregação dos critérios associados ao 3.º Domínio.

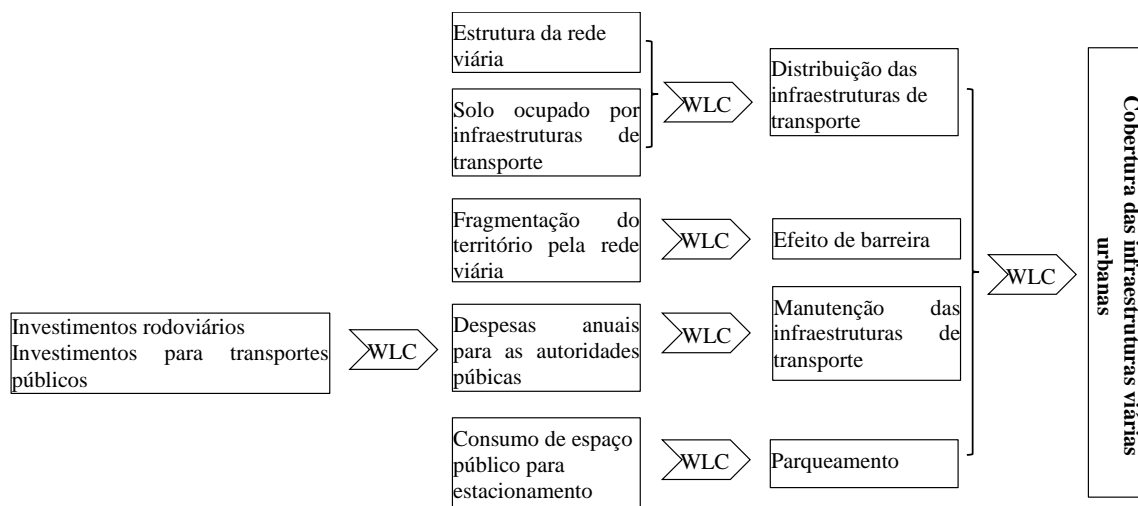


Figura 4.5 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D3

A Figura 4.6 apresenta o fluxograma relativo à agregação dos critérios associados ao 4.º Domínio.

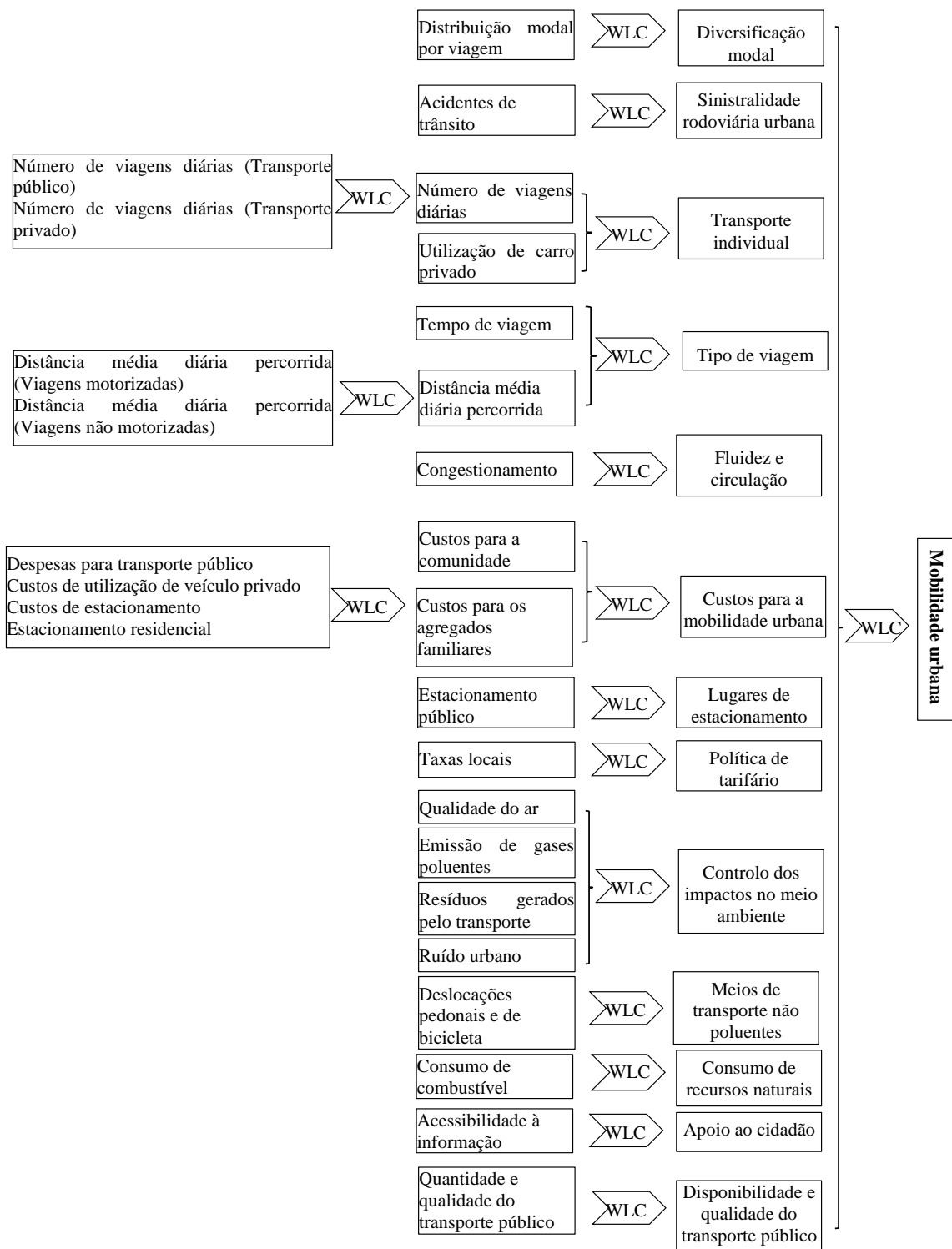


Figura 4.6 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D4

A Figura 4.7 apresenta o fluxograma relativo à agregação dos critérios associados ao 5.º Domínio.

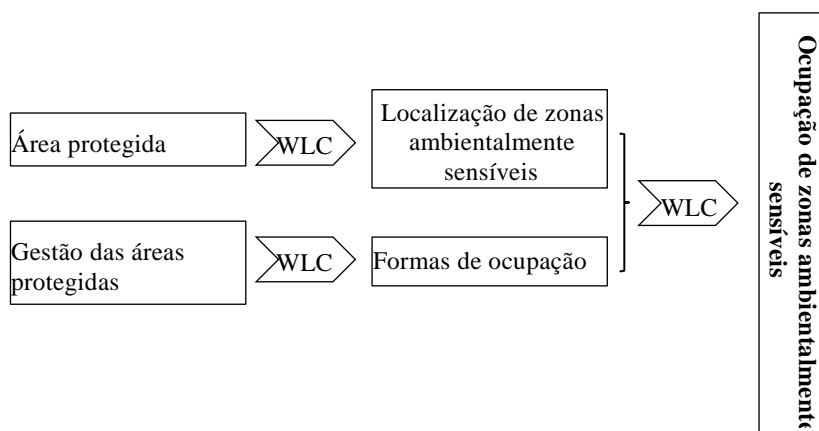


Figura 4.7 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D5

Na Figura 4.8 apresenta-se o fluxograma relativo à agregação dos critérios associados ao 6.º Domínio.

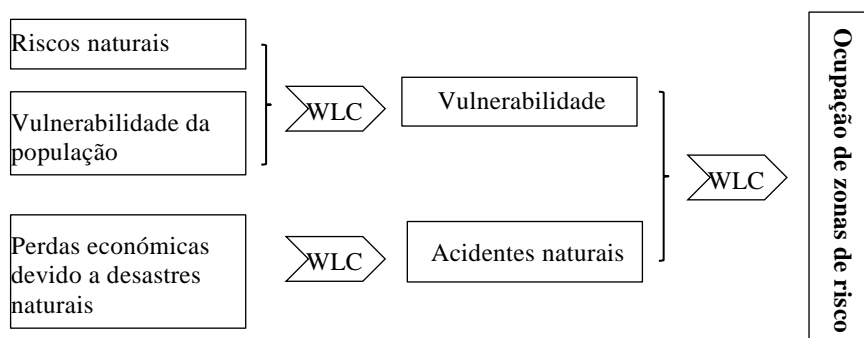


Figura 4.8 – Combinação dos critérios associados ao Domínio D6

A combinação ponderada de todos os Domínios com aplicação do método de agregação por combinação linear pesada (WLC) gera um IEUS. O procedimento de agregação WLC com valores de *order weights* todos iguais permite a compensação de *scores*, ou seja, *scores* mais baixos são compensados por *scores* mais altos. Para este ponto de decisão são gerados cenários de avaliação com máximo *trade-off* e risco neutro. De forma semelhante, a combinação dos vários Domínios com aplicação do método de agregação por média pesada ordenada (OWA) permite gerar cenários com diferentes níveis de *trade-off* e risco. Nesta fase de agregação, os *order weights* devem ser escolhidos de forma a criar diferentes pontos de decisão, de modo a permitir a simulação de várias possibilidades e a análise de sensibilidade ao *trade-off* e ao risco.

Deste modo, devem ser geradas diferentes simulações mais ou menos otimistas, com maiores ou menores valores de *ANDness* e com diferentes graus de compensação entre critérios, ou seja, com diferentes graus de *trade-off*. Esta análise possibilita gerar vários cenários, de forma a avaliar quais os aspetos que contribuem em menor ou em maior grau para a sustentabilidade urbana. É assim possível realizar a análise de sensibilidade do IEUS segundo diferentes níveis de *ANDness* e *trade-off*. Desta forma, é possível averiguar quais os Domínios que mais contribuem para o desempenho do IEUS e os que menos contribuem, permitindo identificar quais os aspetos a melhorar na gestão do território, dentro das medidas consideradas no modelo.

A Figura 4.9 mostra o fluxograma relativo à combinação dos seis Domínios, de modo a calcular o IEUS.

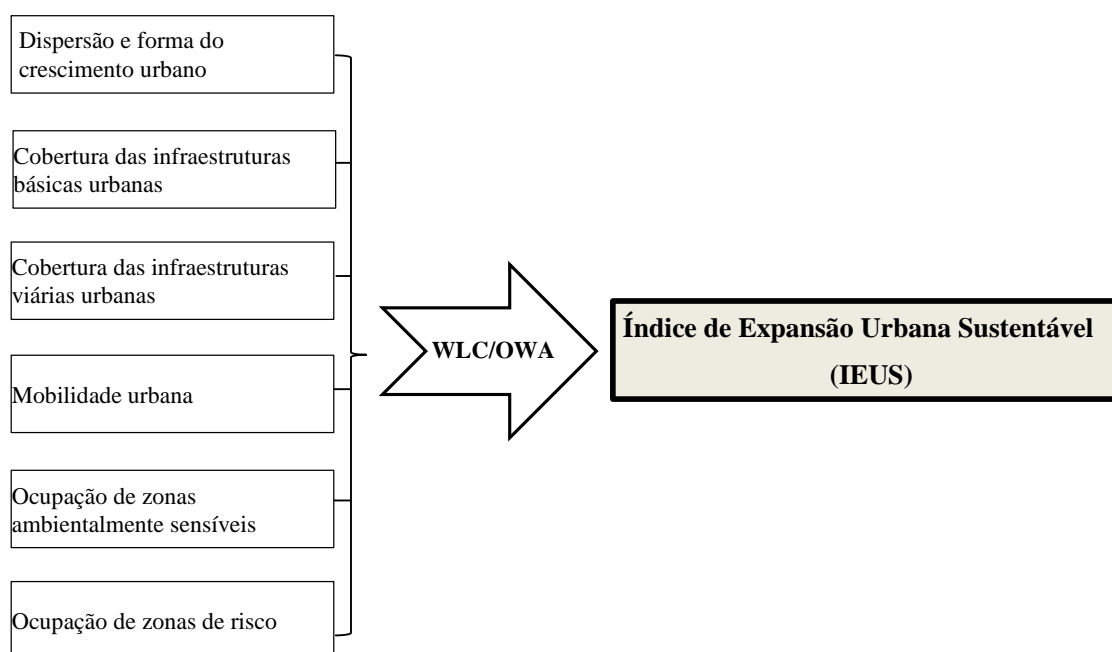


Figura 4.9 – Combinação WLC e OWA dos Domínios para o cálculo do IEUS

4.7 ANÁLISE PARCIAL

É ainda possível desenvolver uma análise parcial dos Domínios através de métodos de agregação WLC e OWA e da combinação de Domínios relacionados com temáticas da sustentabilidade urbana. Neste âmbito, é proposto analisar Cenários de Avaliação do tipo *risco/trade-off* para três grandes grupos de fatores: Coesão Territorial, Mobilidade Urbana Sustentável e Sustentabilidade Ambiental. Estes fatores, designados por indicadores compostos, resultam da agregação ponderada e parcial dos Domínios, conforme mostra a Figura

4.10. O Domínio D3, Cobertura das infraestruturas viárias urbanas, é o único que integra dois indicadores compostos.

A agregação linear ponderada dos indicadores compostos permite realizar análises setoriais e avaliar diferentes cenários de forma a distinguir e a quantificar a contribuição de cada uma destas dimensões para a avaliação do desenvolvimento urbano sustentável. Deste modo, é possível averiguar quais as dimensões que mais contribuem para a sustentabilidade urbana e quais os aspetos que podem ser melhorados na gestão do território, dentro das medidas consideradas no modelo. A avaliação dos diferentes cenários resultantes deste nível de análise gera um conjunto de cenários finais de avaliação. Estes cenários podem ser comparados com o desempenho obtido pelo IEUS e realizar uma análise de sensibilidade, de forma a validar o IEUS.

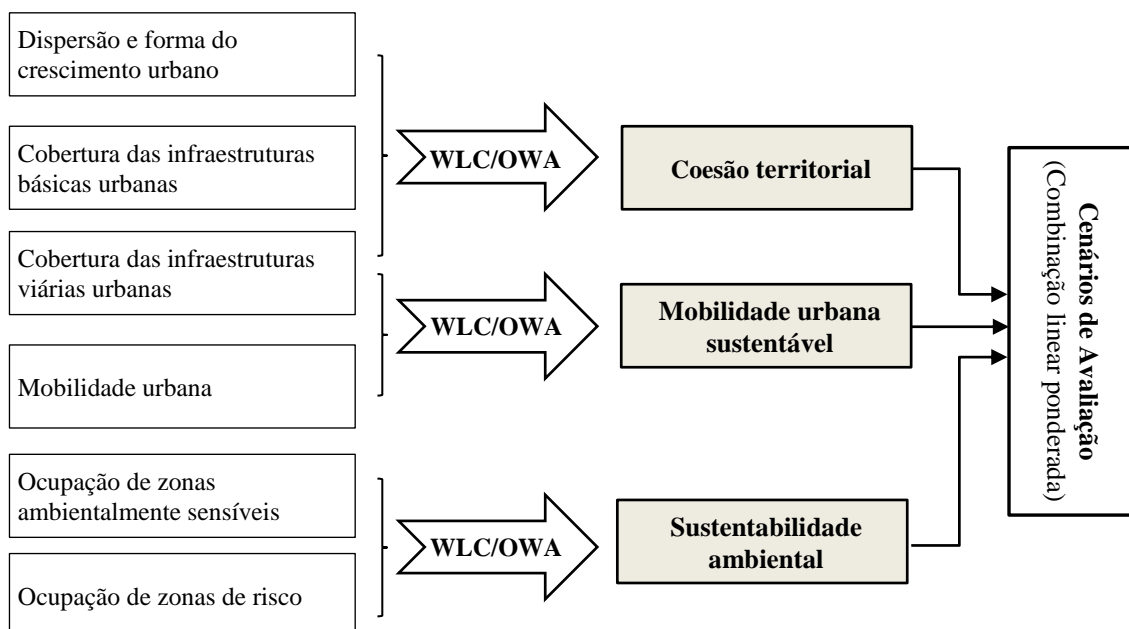


Figura 4.10 – Fluxograma para gerar cenários de avaliação de sustentabilidade urbana

4.8 CONCLUSÃO

A metodologia apresentada ao longo deste Capítulo explica de forma detalhada o processo de cálculo do IEUS, com base em técnicas de análise multicritério.

Assim, estabelecida a hierarquia dos critérios e após a primeira avaliação dos critérios que compõem a base da estrutura hierárquica, o passo seguinte consiste na normalização dos seus valores para uma escala comum (entre 0 e 1), de modo a serem comparáveis entre si e a viabilizar a sua agregação de acordo com a regra de decisão estabelecida. O método de

normalização depende do tipo de critério a normalizar. No que se refere a variáveis contínuas, o procedimento mais adequado é o da *fuzzification*, com aplicação de uma função *fuzzy* que deverá ser criteriosamente escolhida e calibrada. Para variáveis com valores numéricos discretos calcula-se previamente o *Z-score* para cada alternativa e depois aplica-se a função *fuzzy*, contextualizando o processo, dado que o *Z-score* é calculado em função da média e do desvio padrão dos valores em análise. Para critérios que envolvem escalas qualitativas nominais, propõe-se atribuir arbitrariamente os *scores* normalizados de acordo com a escala normalizada adotada.

Refira-se que a variância de valores ao longo do tempo demonstra que a identificação dos valores de referência usados na normalização não é um processo estático e que necessita de ser revisto e atualizado sempre que se justifique. Para além do fator tempo, também a cidade em análise pode interferir na identificação destes valores, uma vez que os mesmos podem depender de características locais. No entanto, a alteração dos valores de referência não alteram o tipo de curva de normalização, mas obriga a que a mesma seja recalculada.

A metodologia desenvolvida não inclui um método para a avaliação dos pesos a atribuir aos critérios, dado não ser um dos objetivos identificados. No entanto, a aplicação do modelo para o cálculo do IEUS não fica comprometido, desde que sejam definidas para cada caso as respetivas ponderações a atribuir aos critérios. Atendendo ao objetivo do estudo propõe-se o uso do método de distribuição de pontos. Porém, é também possível para este tipo de análise o uso do método comparação par-a-par, mais robusta, mas também mais exigente em relação à respetiva aplicação.

A utilização de ferramentas de SIG possibilita a análise espacial e a visualização dos resultados sobre mapas da zona urbana em estudo, o que facilita a respetiva interpretação e observação dos resultados associados ao território.

A agregação dos vários critérios ao longo da estrutura hierárquica permite construir o IEUS e, ainda através da utilização do procedimento OWA para a combinação dos critérios no último nível da análise, permite gerar cenários de avaliação com diferentes níveis de risco e *trade-off*. A possibilidade de realizar a análise parcial com o cálculo dos indicadores compostos, usando o método OWA para a combinação de critérios, acrescenta à análise outras dimensões para a avaliação da sustentabilidade urbana, de acordo com as medidas em estudo.

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE EXPANSÃO URBANA SUSTENTÁVEL À CIDADE DA GUARDA

5.1 INTRODUÇÃO

O modelo hierárquico de análise multicritério apresentado ao longo do Capítulo III e o processo de cálculo do IEUS apresentado no Capítulo IV tem como principal objetivo definir o modelo conceptual. A implementação desse modelo a um caso de estudo visa a sua validação e verificação de aplicabilidade a uma situação real.

Foi escolhida a cidade da Guarda para a aplicação do modelo de análise multicritério a um caso de estudo. A seleção desta cidade deveu-se essencialmente por ser uma zona urbana de média dimensão, pela proximidade e conhecimento do respetivo território urbano e também por se localizar na zona interior de Portugal onde normalmente a existência de estudos desta natureza é débil. Além disso, como já referido no Capítulo I, a cidade da Guarda registou um crescimento acelerado e desorganizado a partir da década de 1970, conduzindo a um modelo de crescimento urbano disperso e fragmentado. Antes da aplicação do modelo de análise multicritério foi necessário identificar e definir a delimitação da zona urbana e respetivamente da zona de estudo. Pretendendo-se calcular um IEUS, a zona de estudo deve incluir a área urbana menos consolidada e respetiva área de expansão, não incluindo o núcleo mais antigo da cidade.

Ao longo deste Capítulo apresenta-se a metodologia desenvolvida para delimitar a zona de estudo para a cidade da Guarda e a aplicação do modelo de análise multicritério a esta cidade. De modo a definir a zona de estudo, delimitou-se em primeiro lugar o perímetro exterior urbano e seguidamente o núcleo mais antigo da cidade. Após a identificação da zona de estudo foi implementado o modelo de análise multicritério, com o cálculo dos indicadores e dos subindicadores que integram o modelo, respetiva normalização e agregação de modo a calcular o IEUS para a Guarda.

Toda a análise espacial se desenvolveu com recurso a ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica, tendo sido usado o *software* ArcGIS como principal programa informático.

5.2 DELIMITAÇÃO DA ZONA DE ESTUDO

Com já referido, foi necessário definir a zona urbana a analisar uma vez que o limite urbano definido no Plano Diretor Municipal da Guarda (CMG, 1994) consiste num limite geométrico sem qualquer coerência espacial, o qual abrange uma extensa área (3053,11ha), estendendo-se por zonas distantes da cidade (ver Figura 5.11 e 5.12). Este limite integra não apenas áreas periurbanas e de transição com baixas densidades de ocupação, mas também espaços naturais e rurais e conseqüentemente solos agrícolas e florestas, encorajando o crescimento urbano para estas zonas e contribuindo para o *sprawl*. Além disso, é difícil entender como à época este limite foi definido e quais os critérios usados na sua delimitação. A ausência de informação coerente e rigorosa que permitisse a reprodução do limite urbano oficial (CMG, 1994) impôs que, para a aplicação do modelo de análise multicritério à cidade da Guarda se definisse, como uma tarefa inicial, a respetiva zona de estudo. Para isso foi necessário desenvolver duas metodologias: uma para delimitar a área urbana e potencial área de expansão; a outra metodologia teve por objetivo a delimitação do núcleo antigo ou centro da cidade da Guarda. Ao longo desta Secção apresentam-se as duas metodologias desenvolvidas.

5.2.1 Aspetos gerais

Uma questão importante que se relaciona com a gestão sustentável das cidades prende-se com a definição concisa dos seus limites. Os processos relacionados com a ocupação urbana, como elementos intrínsecos da complexidade urbana, são essenciais para que os limites das áreas urbanas sejam bem identificados. A delimitação apropriada de áreas urbanas é essencial para o planeamento eficiente da cidade, nomeadamente para a monitorização do *sprawl*, para o estudo do impacto da urbanização no ambiente e para a delimitação de áreas de expansão. Deste modo, a falta de limites claros e concisos dos perímetros urbanos dificulta a análise do desenvolvimento urbano e conseqüentemente afeta a gestão das cidades.

A divisão administrativa é a mais antiga nomenclatura territorial estabelecida por Lei. O Decreto-Lei n.º 46 139/64, de 31 de dezembro, referia como circunscrições administrativas os distritos, os concelhos e as freguesias. Em 2006 a designação do 2.º nível do Código da Divisão Administrativa foi alterada de concelho para município. As freguesias correspondem à divisão administrativa de menor dimensão e constituem subdivisões dos municípios. As áreas urbanas

são agrupamentos pertencentes aos municípios que se associam por sua iniciativa, com órgãos próprios, para a gestão de assuntos de interesse intermunicipal. Para vários autores, as áreas urbanas são espaços dominados pelo ambiente construído que incluem todos os elementos não naturais, como edifícios, estradas, aeroportos, entre outros (OECD, 2013; Schneider *et al.*, 2010; Zhao *et al.*, 2015).

Um dos desafios enfrentados pelos gestores urbanos hoje em dia é o facto dos limites administrativos definidos pelos municípios serem muitas vezes diferentes dos limites das áreas urbanizadas que abrangem (Ferreira *et al.*, 2010; Ramos e Silva, 2007). Num contexto de crescente degradação das paisagens e dos recursos naturais, devido à ocupação dispersa e não planeada existente na periferia dos principais centros urbanos, a delimitação dos perímetros urbanos rapidamente se tornou uma das principais preocupações da primeira geração de Planos Diretores Municipais (PDM) (Ferreira *et al.*, 2010). Apesar do PDM constituir o instrumento legal que regulamenta o uso do solo, os mesmos são omissos na delimitação clara dos perímetros urbanos, criando um vazio de critérios objetivos a este respeito. Todavia, prevê-se que este problema seja superado pela revisão dos atuais Planos Diretores Municipais (Carranca e Castro, 2011; Ferreira *et al.*, 2010). Por agora, muitos são ainda os municípios que, presentemente, não dispõem da respetiva revisão do PDM.

A ausência de critérios oficiais para a delimitação espacial dos aglomerados urbanos (Costa *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2010) e a omissão da legislação em relação aos limites geográficos das cidades (INE, 2015) gera um problema para a análise urbana em Portugal. A única informação com cobertura nacional a este respeito são os limites estatísticos oficiais definidos pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) que, segundo Costa *et al.* (2010), não têm um critério homogéneo para a sua delimitação, resultando na impossibilidade de replicar a metodologia para a aplicar a outros aglomerados.

O Plano Diretor Municipal em vigor para o município da Guarda foi publicado em Diário da República, I Série B, de 20-7-1994 (CMG, 1994), estando em revisão desde 2001 (Comissão Técnica constituída pelo Despacho n.º 9149/2001, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.º 101, de 2 de Maio). De acordo com o seu Regulamento, Capítulo II, Artigos 5.º e 6.º, “a área urbana e urbanizável inclui os espaços urbanos, os espaços urbanizáveis e os espaços industriais que lhes sejam contíguos e define o perímetro urbano dos aglomerados para o efeito do disposto na legislação aplicável” (CMG, 1994). Embora seja apresentada esta definição de área urbana e urbanizável, constata-se a ausência de dados de forma a ser possível a sua delimitação com objetividade e rigor.

De modo a colmatar esta lacuna de critérios oficiais para definir os limites urbanos, desenvolveu-se uma metodologia apoiada em dados estatísticos e espaciais para demarcar perímetros urbanos e áreas de expansão urbana. Espacialmente, a delimitação dos perímetros urbanos circunscreve-se aos limites das subsecções estatísticas. Esta unidade espacial corresponde à unidade mínima do território definida pelo Instituto Nacional de Estatística para os Censos de 2011 (INE, 2012), disponível na Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI). A inclusão das subsecções estatísticas como unidade geográfica permite o cálculo do limite com melhor ajustamento espacial, assegurando pormenores que não seriam necessariamente visíveis em outra divisão territorial superior. Além disso, as divisões territoriais abaixo do nível municipal, incluindo as adotadas nos censos da população, foram utilizadas em alguns países para delimitar as áreas urbanas (ESPON, 2006). A análise espacial foi implementada em ambiente SIG.

5.2.2 A cidade da Guarda

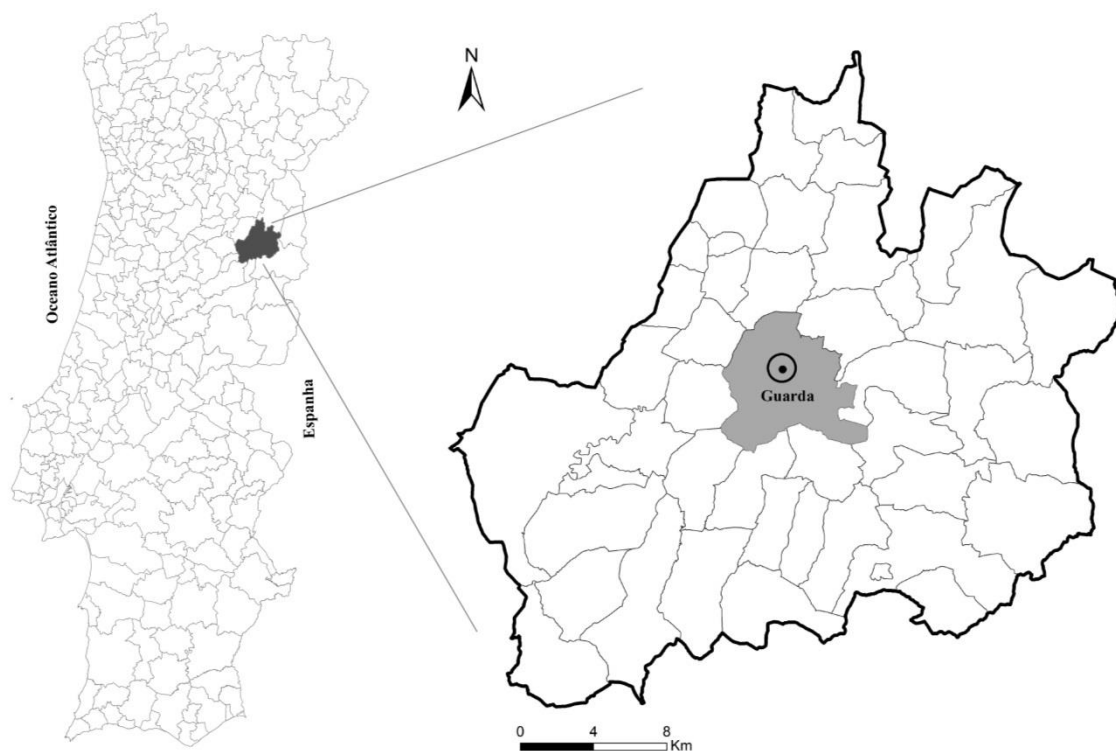
A cidade da Guarda é sede de distrito e de município, localizada na zona Este de Portugal Continental, na Região Centro (NUTS 2) e na NUTS 3 Beira Interior Norte. O município é composto por 43 Freguesias (Figura 5.1), ocupa uma área de 712,11km² e tem 42541 habitantes (INE, 2012). Com uma densidade populacional de 59,7hab/km², o município da Guarda é um exemplo paradigmático de uma região periférica e rural, com ocupação humana dispersa pelo seu território, onde 21% da população tem mais de 65 anos (INE, 2012), tendo perdido população entre 2001 e 2011.

A cidade da Guarda é o principal centro urbano, onde habita mais de 60% da população municipal (INE, 2012). Além da reduzida escala urbana, a nível europeu e nacional, a Guarda é uma cidade que promove o desenvolvimento do território circundante, aproveitando plenamente os recursos regionais (DGOTDU, 2002). É uma cidade de média dimensão, situada no flanco nordeste da Serra da Estrela, com o seu ponto de maior altitude (1056m) posicionado na Torre de Menagem.

A cidade foi fundada no Século XII pelo segundo Rei de Portugal, D. Sancho I, que a 27 de novembro de 1199 outorgou o foral à cidade. Originalmente a cidade foi fundada por razões militares, de modo a encorajar as pessoas a ocuparem esta região e assim se providenciar a defesa da ameaça vinda de Espanha.

Atualmente, a cidade é caracterizada por contrastes e uma grande heterogeneidade de usos e ocupações do solo, havendo também uma ampla diversidade funcional. Por estas razões, a identificação dos limites e áreas edificadas da cidade da Guarda é assumidamente difícil

(Valente, 2004) dificultando igualmente a delimitação do perímetro urbano e das áreas de expansão. O crescimento da cidade partiu de um núcleo central consolidado, mas face à morfologia e à localização de infraestruturas e equipamentos foram surgindo várias discontinuidades e a cidade perdeu a sua forma compacta. Este desenvolvimento obrigou a uma maior extensão das redes de infraestruturas básicas e à dificuldade em cobrir toda a cidade com uma rede efetiva de transportes públicos, entre outros fatores.



Fonte: DGT, 2015

Figura 5.1 – Localização e divisão administrativa do município da Guarda

5.2.3 Delimitação do perímetro urbano exterior da cidade da Guarda

A metodologia desenvolvida (Soares *et al.*, 2019) baseou-se em dados espaciais e estatísticos. Como referido anteriormente, utilizaram-se as subseções estatísticas (INE, 2012) como unidade mínima territorial para a análise espacial. Estatisticamente foram utilizados os dados relativos aos Censos de 2011 (INE, 2012), nomeadamente da população residente e do número de edifícios construídos. Foi ainda utilizada a Carta de Uso e Ocupação do Solo para Portugal de 2007 (COS2007) disponibilizada pela Direção Geral do Território (DGT, 2007), de modo a identificar as áreas urbanizadas e as áreas não urbanizadas. A COS2007 tem a unidade mínima cartográfica de 1ha, contém 193 classes de cobertura/uso do solo, uma exatidão posicional melhor ou igual que 5,5 metros e uma exatidão temática global de 85,13% (DGT, 2007).

A implementação da metodologia foi conduzida a partir da totalidade da área do município em direção à identificação do perímetro urbano. Deste modo, foi possível identificar os vários aglomerados urbanos existentes em todo o município e destacar a localização da cidade. Assim, o método foi dividido nas seguintes fases: (i) cálculo das densidades de edifícios e de população residente para o município; (ii) análise do uso e cobertura do solo para o município; (iii) classificação espacial em áreas urbanas e não-urbanas; (iv) delimitação do perímetro urbano e identificação de áreas de expansão, usando o critério de proximidade para encontrar aglomerados localizados em zonas periféricas contíguas à mancha urbana.

5.2.3.1 Cálculo das densidades de edifícios e de população residente para o município

O primeiro passo consistiu no cálculo da densidade de edifícios construídos (Equação 5.1) e da densidade de população residente (Equação 5.2) para todo o município, o que permitiu identificar as áreas de maior densidade existentes em todo o território municipal. Efetivamente, as áreas urbanas podem ser identificadas como zonas onde a densidade populacional é superior a um dado valor-limite (Uchiyama e Mori, 2017) e onde a densidade de construção é maior que um certo valor (Chaudhry e Mackaness, 2008).

$$(\text{DenEdif})_s = \frac{(N_{\text{Edif}})_s}{\text{Area}_s} \quad (5.1)$$

$$(\text{DenPop})_s = \frac{(N_{\text{Pop}})_s}{\text{Area}_s} \quad (5.2)$$

Onde,

$(\text{DenEdif})_s$ – Densidade de edifícios construídos em cada subsecção estatística s ;

$(N_{\text{Edif}})_s$ - Número de edifícios construídos na subsecção estatística s ;

$(\text{DenPop})_s$ – Densidade de população residente em cada subsecção estatística s ;

$(N_{\text{Pop}})_s$ - Número de habitantes na subsecção estatística s ;

Area_s – Área da subsecção estatística s ;

s – Subsecção estatística.

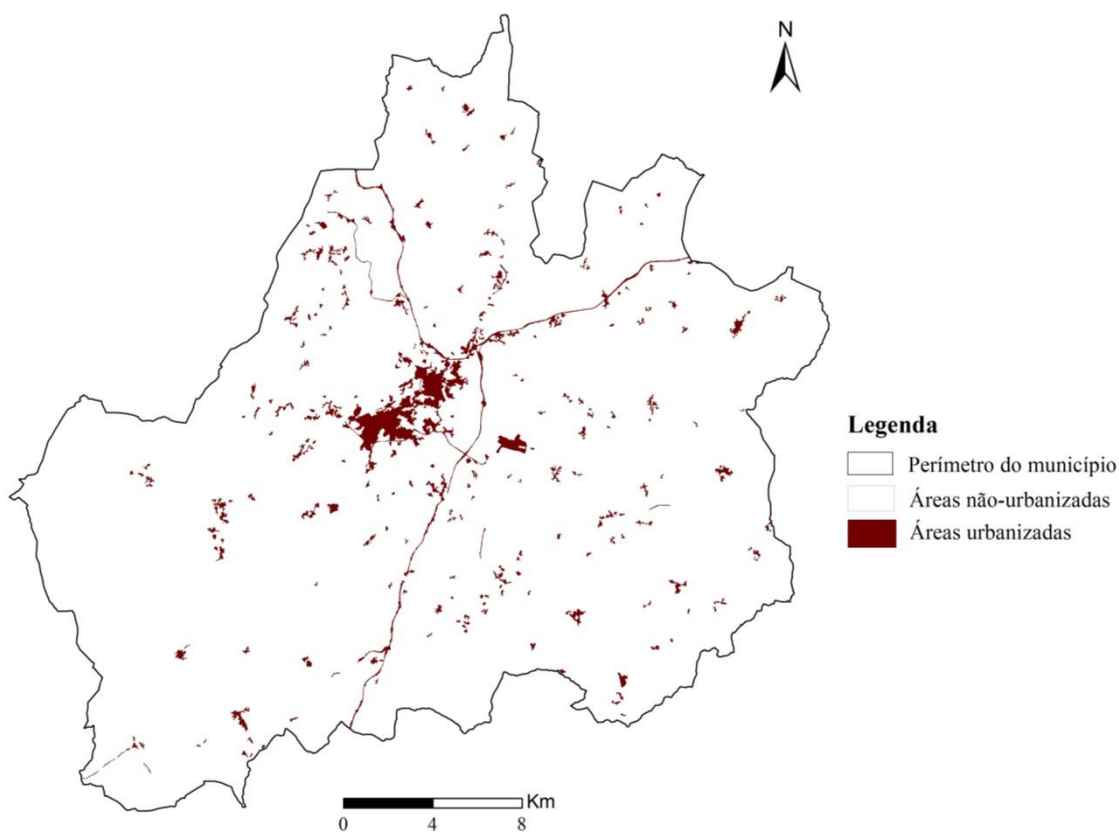
Estas medidas foram calculadas para cada subsecção estatística a partir dos dados estatísticos relativos aos Censos de 2011.

5.2.3.2 Análise do uso e cobertura do solo no município

As áreas urbanas podem ser definidas como espaços dominados pelo ambiente construído (Liu *et al.*, 2014; Schneider *et al.*, 2010; Zhao *et al.*, 2015), ou espaços com uma cobertura de área construída maior ou igual a 50% de uma dada unidade espacial (Schneider *et al.*, 2010)

onde o espaço verde está abaixo de um determinado limite (Uchiyama e Mori, 2017). Assim, é possível delimitar as áreas urbanas identificando as áreas com baixas taxas de cobertura vegetal (Uchiyama e Mori, 2017).

Com o objetivo de identificar as áreas urbanas para o município da Guarda, agregaram-se espacialmente classes de uso e cobertura do solo classificadas na COS2007 de modo a criar duas classes: áreas urbanizadas e áreas não-urbanizadas. Assim, as classes contendo solo artificializado como: tecido urbano, equipamentos, áreas de comércio e indústria, parques urbanos, infraestruturas rodoviárias e ferroviárias, entre outras, foram agregadas na classe áreas urbanizadas. As classes sobrantes, como áreas agrícolas, floresta, vegetação e áreas ardidas, depois de agregadas, constituíram as áreas não-urbanizadas. A Figura 5.2 mostra as áreas urbanizadas e não-urbanizadas obtidas para o município da Guarda.



Fonte dos dados: DGT, 2007

Figura 5.2 – Áreas urbanizadas e não-urbanizadas do município da Guarda

De modo a descrever melhor a ocupação do município da Guarda, calcularam-se alguns elementos com base em dados estatísticos (INE, 2012) e dados espaciais de ocupação e uso do solo (DGT, 2007). A Tabela 5.1 mostra os resultados obtidos.

Tabela 5.1 – Principais dados estatísticos e espaciais para o município da Guarda

| Dados espaciais | | | | |
|---------------------------|-------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | Área global | N.º de unidades | Área máxima | Área mínima |
| Área do município | 71210 ha | - | - | - |
| Subsecções estatísticas | - | 1968 | 3820,4 ha | 0,035 ha |
| Classes da COS | - | 101 | 15131,7 ha | 1,05 ha |
| Dados estatísticos | | | | |
| | Total | Densidade (ha) | Habitantes/Edifício | Média de idades |
| Edifícios | 19 376 | 0,27 | 2,20 | 59 Anos |
| População | 42 541 | 0,60 | | 45 Anos |

Fonte dos dados: DGT, 2007; INE, 2012

O município da Guarda tem 1968 subsecções estatísticas e 101 classes de uso e ocupação do solo. A classe de ocupação com maior área corresponde a “matos densos” e a de menor área a “áreas de estacionamento e logradouros”. A densidade populacional é aproximadamente o dobro da densidade de construção, e em média habitam por cada edifício 2,20 indivíduos (INE, 2012). Da análise da Tabela 5.1 conclui-se que o município da Guarda corresponde a uma área de baixas densidades, quer populacional quer de edificado.

5.2.3.3 Classificação espacial em áreas urbanas e áreas não-urbanas

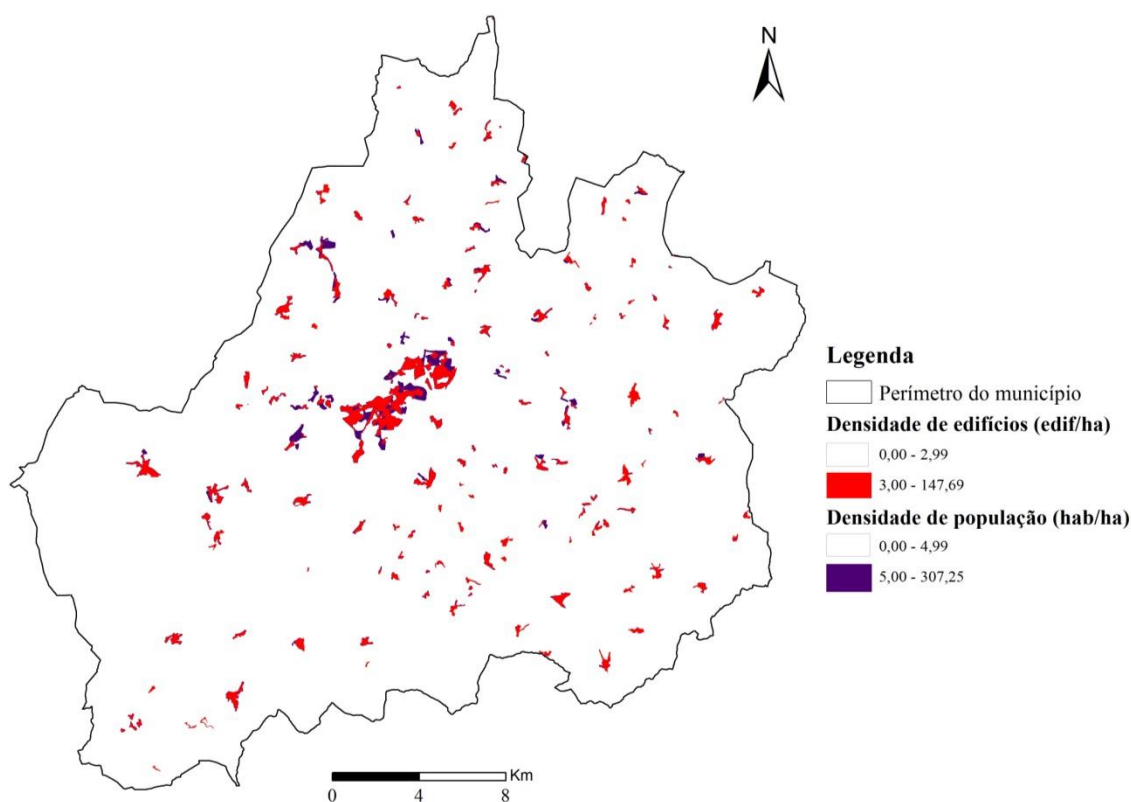
Segundo a Tipologia de Áreas Urbanas (TIPAU) (CSE, 2014), uma área pode ser classificada como urbana quando a sua densidade populacional é maior ou igual que 5 hab/ha. No entanto, no que diz respeito à densidade de edifícios não é apresentado qualquer valor de referência para distinguir áreas urbanas de áreas não-urbanas. De modo a ultrapassar esta questão, adotou-se como solução calcular a relação de proporcionalidade entre os 5 hab/ha e a respetiva área municipal acumulada. Se a percentagem de área acumulada relativa às densidades populacional e de edifícios for igual ou próxima, então é possível identificar um valor limite para a densidade de edifícios que possa ser usado para a classificação das áreas urbanas. A Tabela 5.2 apresenta os valores acumulados calculados para o município da Guarda.

Tabela 5.2 – Valores acumulados das densidades de população e de edifícios no município

| Densidade de edifícios (edif/ha) | Área acumulada (%) | Densidade de população (hab/ha) | Área acumulada (%) |
|----------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| 0,0 | 17,5% | 0,0 | 29,3% |
| [0,0, 1,0[| 95,5% | [0,0, 1,0[| 94,9% |
| [0,0, 2,0[| 96,7% | [0,0, 2,0[| 95,9% |
| [0,0, 3,0[| 97,8% | [0,0, 3,0[| 96,8% |
| [0,0, 4,0[| 98,3% | [0,0, 4,0[| 97,4% |
| [0,0, 5,0[| 98,7% | [0,0, 5,0[| 97,9% |
| [0,0, 6,0[| 99,0% | [0,0, 6,0[| 98,3% |
| | | [0,0, 7,0[| 98,5% |
| | | [0,0, 8,0[| 98,8% |

Fonte dos dados: INE, 2012

A partir da análise da Tabela 5.2 constata-se que, em 2011 a densidade populacional de 5hab/ha correspondia a 97,9% de área acumulada do território municipal. No que respeita à densidade de edifícios, a percentagem de área acumulada equivalente (97,8%) corresponde a 3edif/ha. Para além de estes valores estarem correlacionados, representam ainda uma área acumulada bastante significativa do município, superior a 97,5%. Assim, foram usados os valores 5hab/ha e 3edif/ha como limites para diferenciar áreas urbanas de áreas não-urbanas. Conclui-se ainda que, para esta percentagem de área acumulada a densidade de população é aproximadamente o dobro da densidade de edifícios. Na Figura 5.3 apresenta-se a distribuição espacial dos aglomerados com densidade de população maior ou igual que 5hab/ha e com densidade de edifícios maior ou igual que 3edif/ha. Conforme se pode observar na Figura 5.3, a cidade é facilmente identificada, correspondendo à maior mancha localizada na zona central do território municipal.



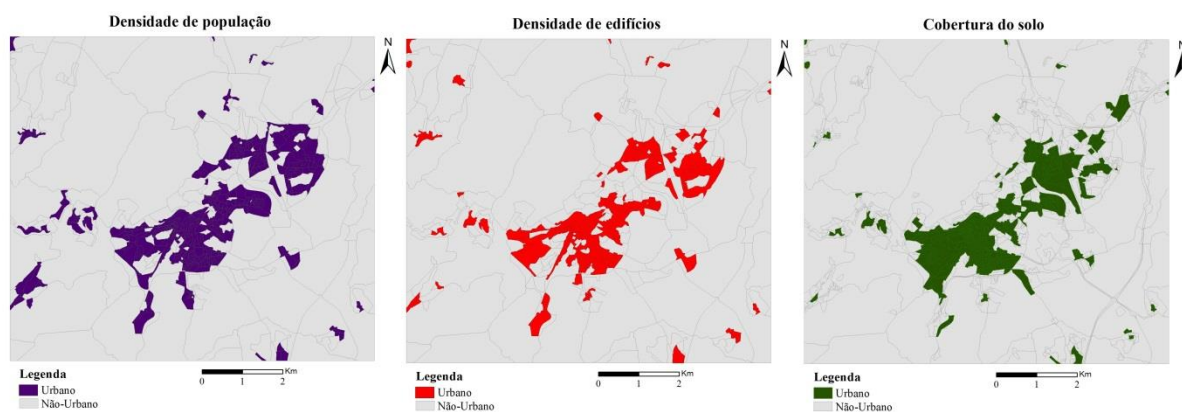
Fonte dos dados: INE, 2012

Figura 5.3 – Densidades de edifícios e de população no município da Guarda

Relativamente ao uso e cobertura do solo, para distinguir áreas urbanas de áreas não-urbanas usou-se como critério a prevalência de um determinado uso (maior que 50%) em cada subsecção estatística. Assim, a subsecção estatística foi classificada como urbano (=1) quando predomina a percentagem de solo artificializado (ou área urbanizada); em contrapartida,

se a percentagem de solo não-artificializado prevalece, classificou-se a subsecção estatística como não-urbano.

A aplicação do método descrito gerou três resultados diferentes para a classificação das subsecções estatísticas em áreas urbanas e áreas não-urbanas. As subsecções que satisfazem cada um dos critérios foram agregadas pelo critério da continuidade, usando ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica. Na Figura 5.4 apresentam-se os resultados para a mancha correspondente à cidade e área envolvente relativos à densidade de população, densidade de edifícios e cobertura do solo.



Fonte dos dados: INE, 2012

Fonte dos dados: INE, 2012

Fonte dos dados: DGT, 2007

Figura 5.4 – Áreas urbanas e áreas não-urbanas obtidas para cada critério da metodologia

De acordo com os três resultados apresentados na Figura 5.4, o critério relativo à cobertura do solo gera maior continuidade espacial ao longo das subsecções estatísticas e define uma mancha maior. No entanto, áreas urbanizadas como infraestruturas rodoviárias e ferroviárias e alguns equipamentos urbanos foram excluídos, o que se deve à prevalência de usos não-urbanos nas respetivas subsecções estatísticas. Relativamente aos restantes dois critérios, o número de subsecções estatísticas urbanas e a sua continuidade espacial decresce. Esta situação é particularmente notada para o critério relativo à densidade de edifícios, o qual se revelou mais redutor na definição de áreas urbanas quando comparado com os outros dois critérios.

A sobreposição dos três critérios com recurso a operadores de Sistemas de Informação Geográfica gerou a classificação final das áreas urbanas e não-urbanas (Figura 5.5). Por conseguinte, de acordo com os critérios referidos, uma subsecção estatística é classificada como urbano se tem densidade de população maior ou igual que 5hab/ha, ou se a densidade de edifícios for maior ou igual que 3edif/ha ou se o uso/cobertura do solo predominante for urbano

(Condição I). Caso não se verifique nenhum destes critérios, a subsecção estatística classifica-se como não-urbano. De seguida apresenta-se a Condição I.

$$\begin{aligned} & \text{if } [(DenPop)_s \geq 5 \text{ OR } (DenEdif)_s \geq 3 \text{ OR } (CS)_s = 1] \text{ classifica como "urbano"}; \\ & \text{if Not}[(DenPop)_s \geq 5 \text{ OR } (DenEdif)_s \geq 3 \text{ OR } (CS)_s = 1] \text{ classifica como "n\~{a}o - urbano"} \end{aligned} \quad (I)$$

Onde,

$(DenPop)_s$ – Densidade de populaç~{a}o para a subsecç~{a}o estatística s;

$(DenEdif)_s$ – Densidade de edifícios para a subsecç~{a}o estatística s;

$(CS)_s$ – Classificaç~{a}o da cobertura do solo para a subsecç~{a}o estatística s;

s – Subsecç~{a}o estatística.

A Figura 5.5 mostra o resultado espacial da aplicaç~{a}o da Condição I.

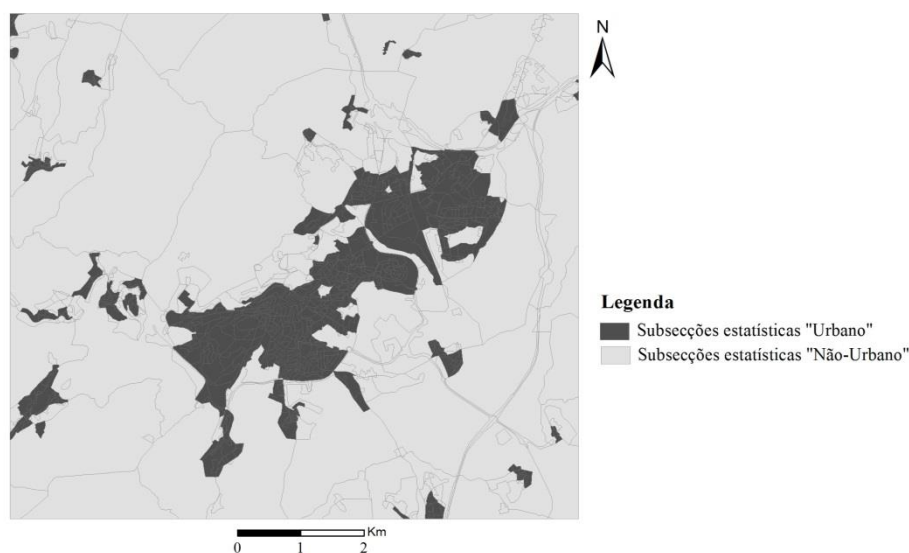


Figura 5.5 – Classificaç~{a}o das áreas urbanas e não-urbanas calculadas

No retângulo apresentado na Figura 5.5 (7200ha) existem 732 subsecções estatísticas urbanas e 250 não-urbanas, sendo que a área urbana (957,7ha) é muito menor que a área não-urbana (6242,3ha). Constata-se também que as subsecções estatísticas classificadas como não-urbanas apresentam áreas muito maiores que as classificadas como urbanas onde as densidades são maiores. As subsecções estatísticas urbanas definem uma mancha contínua, embora irregular, a qual apenas é quebrada por algumas infraestruturas, como a Via de Cintura Externa da Guarda (VICEG) e a Estaç~{a}o Ferroviária. Estas duas infraestruturas interrompem a continuidade da mancha urbana do lado Nordeste e fragmentam a cidade em dois setores. Além disso, existem subsecções estatísticas relativas a áreas não-urbanas dispersas pelo solo urbano que correspondem a áreas agrícolas e de vegetaç~{a}o.

A mancha urbana pode conter áreas intersticiais não-urbanizadas tais como, espaços verdes e áreas naturais com funções ambientais e/ou sociais. Podem ainda existir áreas não-urbanizadas (áreas vazias) que resultam da existência de restrições a novas construções em torno de monumentos, de instalações de instituições e também em torno de zonas ambientais, como rios e leitos de cheia. Estes vazios devem ser incorporados na definição do polígono urbano, uma vez que não sofrerão alterações no futuro (Uchiyama e Mori, 2017). Assim, o perímetro urbano deve integrar não apenas as áreas urbanas identificadas, mas também algumas áreas correlacionadas (espaços verdes urbanos, áreas de proteção, etc.) garantindo a continuidade espacial das subsecções estatísticas. Por conseguinte, de modo a obter a continuidade da mancha urbana agregaram-se-lhe as áreas não-urbanas existentes nos espaços intersticiais, que apesar de terem sido classificadas como não urbanas estão integradas na zona consolidada da cidade. O resultado obtido (Figura 5.6) corresponde à mancha urbana consolidada para a cidade da Guarda, de acordo com os critérios usados na metodologia exposta, e representa a principal área urbana onde o espaço disponível para futuro desenvolvimento urbano é muito limitado. A Tabela 5.3 mostra os respetivos dados estatísticos.

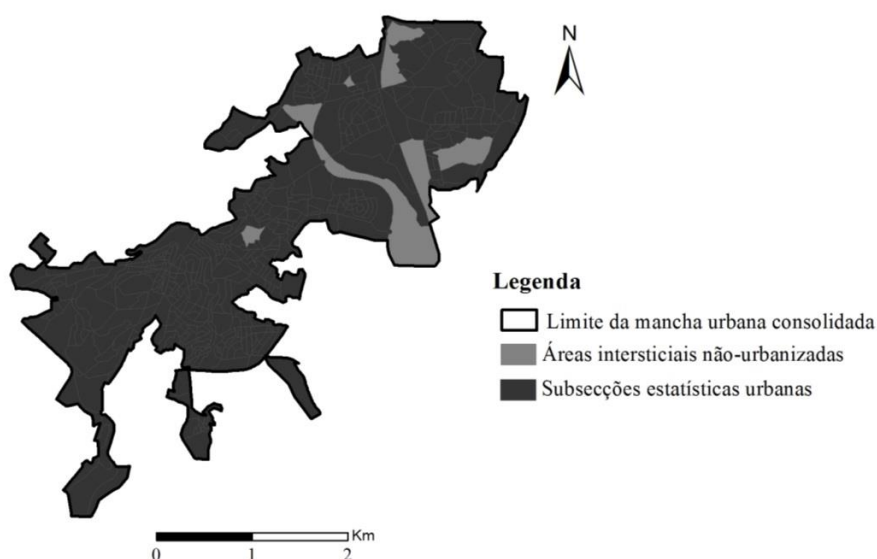


Figura 5.6 – Mancha urbana consolidada para a cidade da Guarda

Tabela 5.3 – Principais valores estatísticos e espaciais da mancha urbana consolidada calculada

| Dados espaciais | | | | |
|---------------------------|-------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | Área global | N.º de unidades | Área máxima | Área mínima |
| Área urbana | 792,82 ha | - | 18,32 ha | 0,09 ha |
| Área não-urbana | 86,61 ha | - | 35,07 ha | 0,70 ha |
| Subsecções estatísticas | - | 460 | - | - |
| Dados estatísticos | | | | |
| | Total | Densidade (ha) | Habitantes/Edifício | Média de idades |
| Edifícios | 5 586 | 6,35 | 4,56 | 40 Anos |
| População | 25 454 | 28,94 | | 41 Anos |

Fonte dos dados: INE, 2012

Da análise da Tabela 5.3 conclui-se que a área correspondente aos espaços não-urbanos é muito pequena quando comparada com a área urbana. A densidade populacional é aproximadamente 5 vezes maior que a densidade de edifícios, e em média habitam por cada edifício 4,56 indivíduos. A média de idades comparativamente ao município é menor, quer para a população quer para o edificado. A mancha urbana obtida corresponde à única cidade do município, principal centro económico, onde habitam 59,8% da população do município.

5.2.3.4 Delimitação do perímetro urbano e identificação de áreas de expansão

Em torno da mancha urbana consolidada existem pequenas áreas urbanas (Figura 5.5), bem como alguns espaços funcionais, como o parque industrial e áreas comerciais e institucionais, localizadas a diferentes distâncias da principal mancha urbana, com áreas não-urbanizadas entre elas.

Conforme destacado por alguns autores (Smith, 2014) os aglomerados situados na periferia podem ser usados para definir áreas de expansão, promovendo o desenvolvimento urbano para as áreas urbanas existentes, de modo a consolidar a continuidade da área urbana. No entanto, a delimitação de futuras áreas de expansão requer metodologias que incorporem projeções do crescimento demográfico, da mobilidade, decisões políticas, bem como técnicas para definir as franjas urbanas e as áreas periféricas (Jiao, 2015). Por estas razões, e por não ser o objetivo principal desta Tese delimitar áreas de expansão urbana, os aglomerados periféricos circunjacentes à mancha urbana principal foram considerados como potenciais áreas de expansão que podem servir como guias para o futuro crescimento urbano.

Neste sentido, com base no limite da mancha urbana contínua obtida (Figura 5.6) foi adotado o critério de proximidade espacial dos aglomerados urbanos periféricos para delimitar a potencial área de expansão da cidade. Para além da proximidade, estes aglomerados têm também relações funcionais e de dependências com a área urbana consolidada.

Considerando a pequena dimensão da cidade, caracterizada por baixa densidade e por uma moderada dispersão urbana, foi implementado o critério de proximidade seguindo uma abordagem *multi-buffer* com intervalos de 250 metros (Figura 5.7), no sentido da mancha urbana contínua para a periferia. A distância de 250m foi adotada atendendo à proximidade das áreas urbanas que cercam a mancha urbana principal e de modo a densificar a análise. Esta divisão espacial possibilitou distinguir os aglomerados e respetivas subsecções estatísticas a integrar na potencial área de expansão. Outros autores em estudos similares (Ahmad e Goparaju, 2016; Shaw e Das, 2017) implementaram este tipo de consulta espacial.

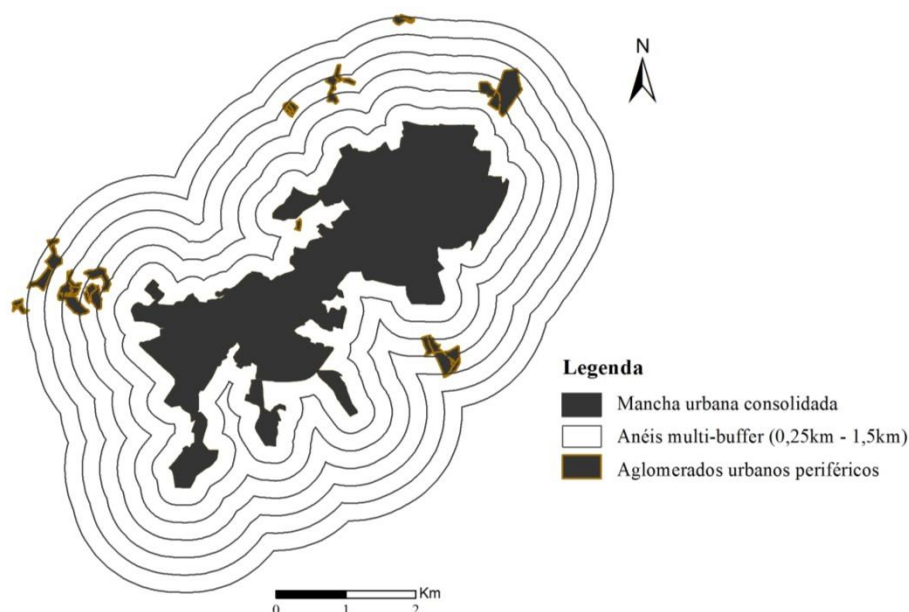


Figura 5.7 – Análise de proximidade para definir a potencial área de expansão

De modo a definir a distância final entre a mancha urbana contínua e a zona adjacente a incluir na potencial área de expansão urbana, analisaram-se as áreas urbanas incluídas em cada anel de *buffer*. As subsecções estatísticas não-urbanas não foram incluídas na análise por se entender que o principal motor do desenvolvimento urbano nas áreas de expansão são as áreas urbanas existentes. A Tabela 5.4 mostra os dados estatísticos referentes à população e número de edifícios.

Tabela 5.4 – População e edifícios existentes nas áreas urbanas de cada anel de *buffer*

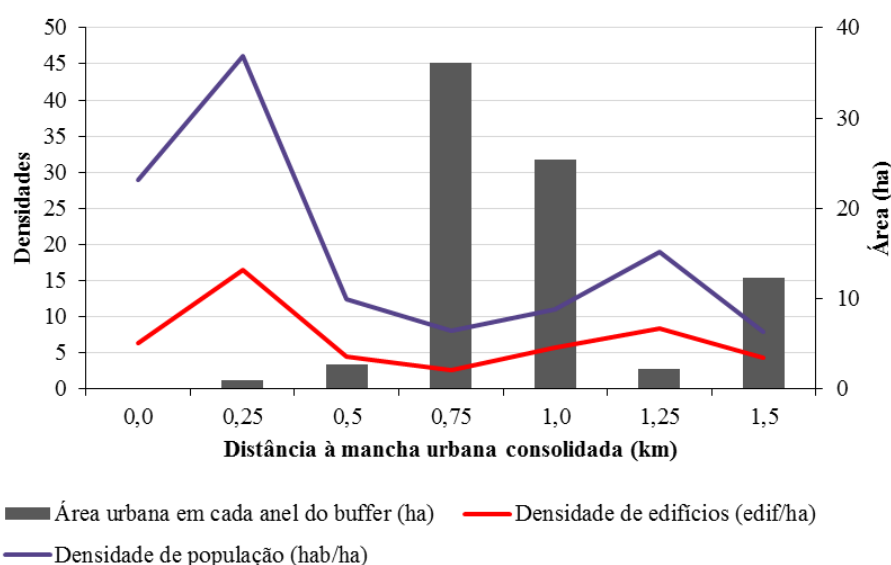
| Anel do <i>buffer</i> | N.º Habitantes | N.º Edifícios |
|-----------------------|----------------|---------------|
| 0,0km-0,25km | 42 | 15 |
| 0,25km-0,5km | 33 | 12 |
| 0,5km-0,75km | 289 | 93 |
| 0,75km-1,0km | 278 | 147 |
| 1,0km-1,25km | 41 | 18 |
| 1,25km-1,5km | 97 | 52 |

Fonte dos dados: INE, 2012

De acordo com a Tabela 5.4, o anel 0,5km-0,75km contém o maior número de habitantes e o anel 0,75km-1,0km inclui o maior número de edifícios, para as respetivas áreas urbanas. Estes valores diminuem para as distâncias superiores a 1,0km.

Foram ainda analisadas as densidades de população e de edifícios para as áreas urbanas contidas em cada anel do *buffer* (Figura 5.8). A distância 0,0km apresentada na Figura 5.8 corresponde à mancha urbana consolidada. Como apresentado na Figura 5.8, para cada *buffer* as duas densidades calculadas têm comportamentos semelhantes. As elevadas densidades

apresentadas para o *buffer* 0,25km são causadas pela pequena área urbana (0,91ha) incluída neste anel, onde residem 42 habitantes e existem 15 edifícios. Verifica-se que o *buffer* 0,75km é o que apresenta uma maior área urbana (36,12 ha) mas com menores valores para as densidades, quando comparado com os restantes anéis de *buffer*. No entanto, este anel inclui o maior número de habitantes (Tabela 5.4). As densidades aumentam no intervalo entre 0,75km e 1,25km, diminuindo entre 1,25km e 1,5km. Os maiores valores das densidades apresentados no anel 1,25km resultam da pequena área urbana (2,16ha) que inclui. Os valores das densidades decrescem entre a distância 0,25km e 0,75km.



Fonte dos dados: INE, 2012

Figura 5.8 – Densidades de população e de edifícios em cada anel de *buffer*

Seguindo a análise apresentada, com base na Tabela 5.4 e na Figura 5.8, conclui-se que a distância 1,0km para além de incluir o maior número de edifícios apresenta valores de densidades crescentes, apesar de possuir a segunda maior área urbana (25,38ha). Além disso, o número de habitantes também é elevado. Embora o anel 1,25km apresente valores maiores para as densidades, estas devem-se à diminuta área urbana (2,16ha) a qual pode ser incluída no limite de 1,0km de modo a garantir a continuidade das respetivas áreas urbanas (Figura 5.9).

Para a definição do limite da potencial área de expansão foram ainda consideradas as subsecções estatísticas não-urbanas localizadas dentro do *buffer* de 1,0km, garantindo assim a continuidade da área urbana. A Figura 5.9 mostra os aglomerados urbanos e as subsecções estatísticas não-urbanas incluídas no *buffer* de 1,0km.

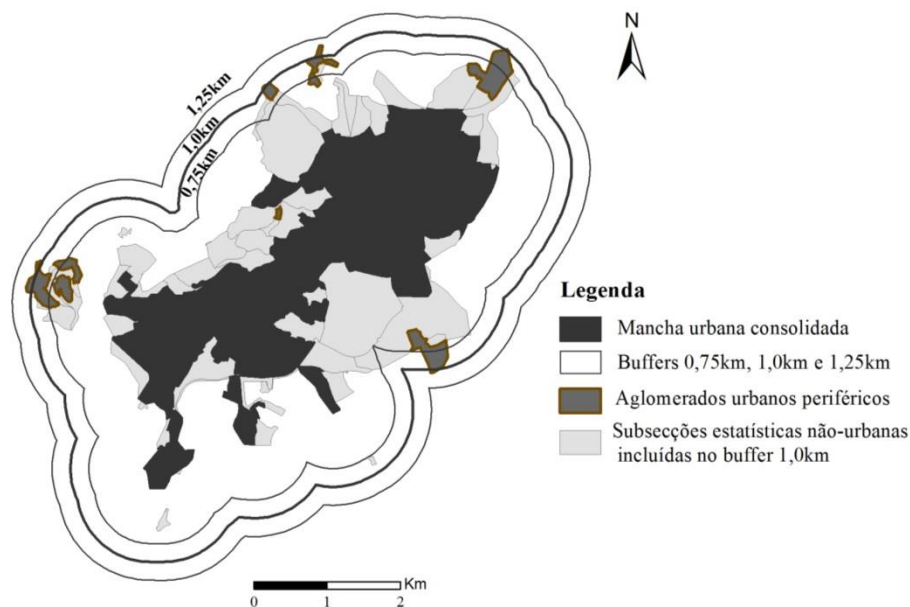


Figura 5.9 – Áreas urbanas e não-urbanas incluídas na zona do *buffer* de 1,0km

Após a análise do resultado apresentado na Figura 5.9 o perímetro urbano foi ajustado aos aglomerados urbanos periféricos e à mancha urbana consolidada de modo a manter a continuidade do território urbano e apenas incluir as áreas não-urbanizadas essenciais. O perímetro urbano obtido, os aglomerados urbanos periféricos e a potencial área de expansão urbana são apresentados na Figura 5.10.

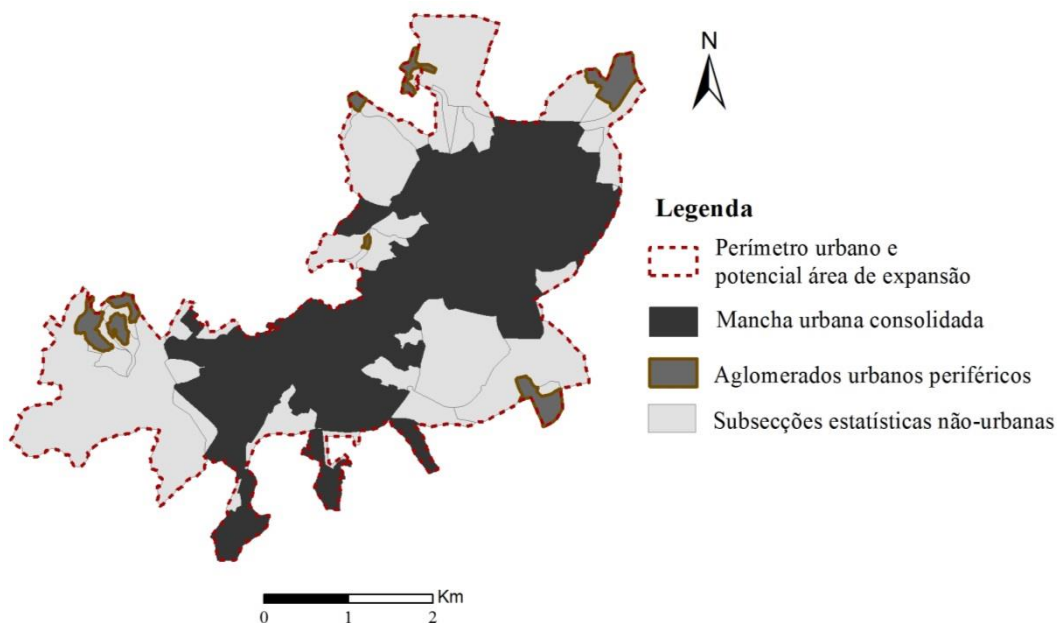


Figura 5.10 – Perímetro urbano e potencial área de expansão obtidos para a Guarda

Da análise da Figura 5.10 pode concluir-se que as subsecções estatísticas têm diferentes dimensões: algumas têm áreas muito reduzidas com densidades elevadas, em especial na área

urbana central e de um modo geral em todas as subsecções estatísticas classificadas como urbanas; outras, localizadas na periferia, têm área bastante maior, onde as densidades são muito baixas e, de acordo com a metodologia desenvolvida, classificadas como não-urbanas. Consequentemente, a inclusão destas subsecções estatísticas periféricas aumenta a superfície da área de expansão de forma substancial. No entanto, a sua inclusão garante a continuidade da zona urbana. Contudo, o futuro crescimento urbano pode ser conduzido em direção aos aglomerados urbanos periféricos de modo a definir espaços edificados contínuos, consolidando fisicamente e funcionalmente estas áreas em torno da cidade e prevenindo o *sprawl* em outras direções. Deste modo, a área urbana obtida é circunscrita aos limites das subsecções estatísticas que a descrevem.

5.2.3.5 Comparação dos resultados obtidos com o perímetro urbano oficial

O perímetro urbano oficial disponível para a cidade da Guarda é definido no Plano Diretor Municipal (PDM) da Guarda (CMG, 1994). Apesar de ser identificado um perímetro urbano na Carta de Ordenamento do Plano Diretor Municipal da Guarda, denominado UO1 – Plano de Urbanização para a Cidade da Guarda (Figura 5.11), a sua utilização é dificultada por o documento não estar georreferenciado e não serem dadas referências para a sua rigorosa reprodução. Ainda assim, de forma a analisar conjuntamente com o perímetro urbano calculado, realizou-se a respetiva digitalização e georreferenciação.



Fonte: iGEO – Informação Geográfica (www.igeo.pt)

Figura 5.11 – Extrato do PDM da Guarda - Perímetro urbano da cidade (UO1)

O limite oficial disponível (CMG, 1994) e o perímetro urbano obtido são apresentados na Figura 5.12.

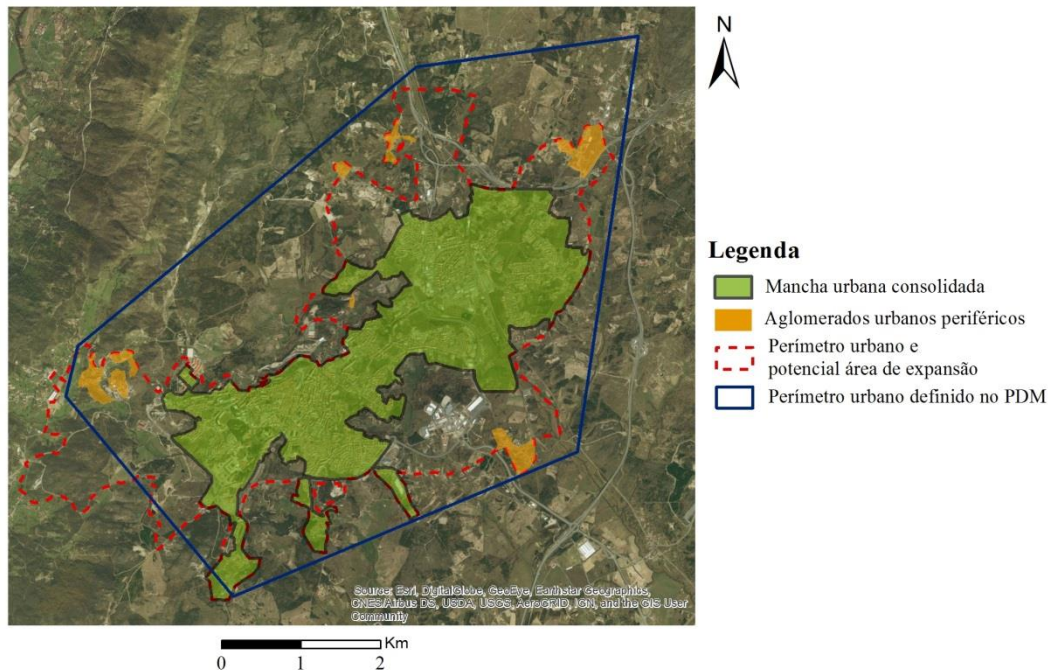


Figura 5.12 – Perímetros da área urbana da cidade da Guarda sobre imagem de satélite

Analisando os perímetros da área urbana da Guarda (Figura 5.12) pode concluir-se que:

- O perímetro urbano definido no Plano Diretor Municipal revela falta de objetividade nos critérios seguidos para a sua delimitação e reprodução, sendo completamente desajustado da configuração urbana.
- O perímetro urbano calculado abarca uma área de 1837,71ha, da qual 860,06ha corresponde a área urbana e 977,65ha a área não-urbana, tendo menos 1215,4ha que o limite definido no PDM. Este perímetro compreende uma área firmemente consolidada, com grande tecido urbano, onde reside 59,8% da população municipal. Como se pode observar na Figura 5.12, este perímetro apresenta um melhor ajustamento à área urbana do que o limite oficial, podendo a sua adoção reduzir o *sprawl* e o consumo de solo para usos urbanos. Assim, a metodologia descrita combina o objetivo inicial de delimitar áreas urbanas, de um modo simples e conciso, e pode ser facilmente reproduzido em outras cidades.
- A área de expansão obtida é significativa, com 958,28ha da qual 67,24ha é urbano e 891,04ha é não-urbano. No entanto, esta área pode ser vista como uma ferramenta de planeamento e gestão urbana, de modo a direcionar o desenvolvimento para as áreas urbanas existentes na periferia. Ainda assim, esta deve ser uma decisão ao nível

municipal considerando outras variáveis, tais como: restrições à construção, valores patrimoniais e ambientais, proteção a equipamentos e acima de tudo a procura futura de solo urbano. Estas variáveis não foram consideradas por não fazerem parte do objetivo desta análise.

A Tabela 5.5 mostra os principais valores estatísticos relativos ao perímetro urbano calculado.

Tabela 5.5 - Principais valores estatísticos e espaciais para o perímetro urbano calculado

| Dados espaciais | | | | |
|---------------------------|-------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | Área global | N.º de unidades | Área máxima | Área mínima |
| Área urbana | 860,06 ha | - | 18,32 ha | 0,09 ha |
| Área não-urbana | 977,65 ha | - | 241,04 ha | 2,90 ha |
| Subsecções estatísticas | - | 530 | - | - |
| Dados estatísticos | | | | |
| | Total | Densidade (ha) | Habitantes/Edifício | Média de idades |
| Edifícios | 6 129 | 3,34 | 4,35 | 41,5 Anos |
| População | 26 665 | 14,51 | | 41 Anos |

Fonte dos dados: INE, 2012

Comparativamente aos valores estatísticos para a área urbana consolidada (Tabela 5.3) constata-se que para o perímetro urbano calculado (Tabela 5.5) as densidades diminuíram para cerca de metade. Este resultado deve-se à inclusão das subsecções estatísticas não-urbanas na definição da área de expansão. O número de habitantes por edifício não apresenta alteração significativa, assim como a média de idades para os edifícios e população.

A pequena dimensão das subsecções estatísticas, sobretudo das classificadas como urbano, permitiu obter um perímetro urbano melhor ajustado à área edificada quando comparado com o limite oficial. No entanto, os aglomerados urbanos existentes na periferia são cercados por subsecções estatísticas de grande dimensão, dado que existe a correlação entre a densidade de ocupação e a respetiva dimensão da subsecção. Conclui-se que a adoção desta metodologia para as áreas da franja urbana é menos adequada. No entanto, como já referido não faz parte dos objetivos desta Tese apresentar uma metodologia para a definição de áreas de expansão urbana, a qual requer técnicas mais refinadas que incluam projeções demográficas, de regulação futura de uso do solo, entre outras. Ainda assim, considera-se que a abordagem quantitativa e espacial apresentada é adequada para ser utilizada em questões práticas de um processo de planeamento.

Por último, referir que a comparação entre os dois perímetros, o oficial e o obtido, é meramente figurativo uma vez que as duas delimitações correspondem a períodos diferentes, resultantes de dados e técnicas distintas.

5.2.4 Delimitação do núcleo antigo da cidade da Guarda

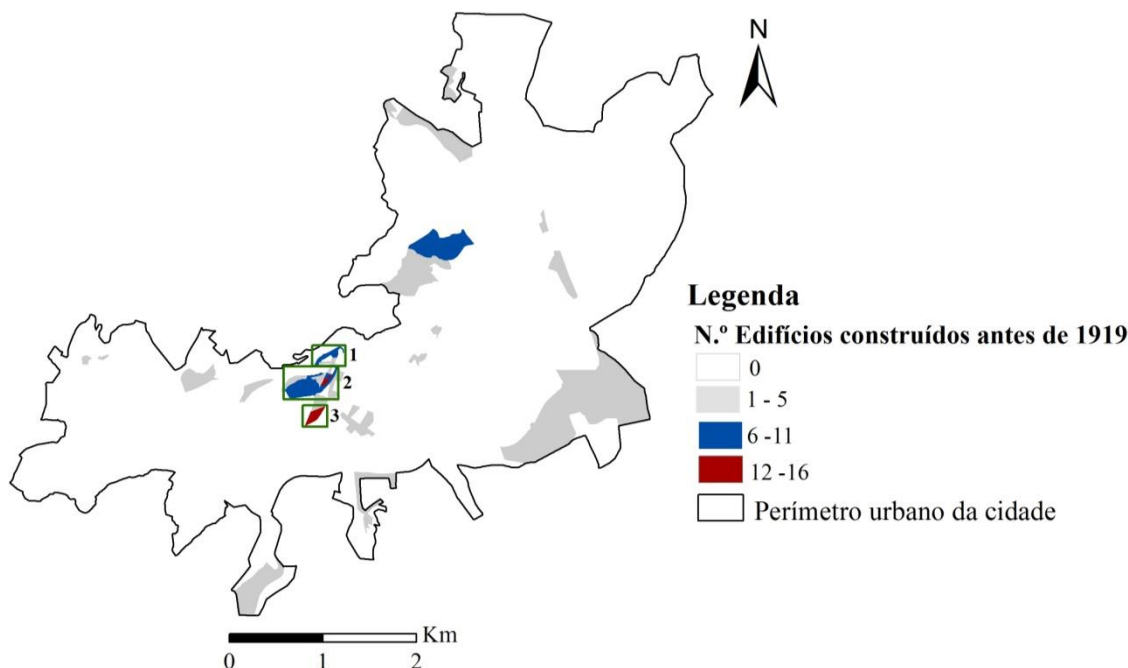
As cidades e os seus centros são conceitos familiares à maioria da população. No entanto, onde está o centro da cidade e como pode ser definido? Estas questões são desafiantes e difíceis de responder. O centro da cidade é entendido como uma região subjetiva, sujeita a múltiplas interpretações, devido principalmente à noção do espaço que as pessoas têm e à falta de delimitações administrativas formais. A decadência sofrida nas últimas décadas colocou os centros das cidades no topo das preocupações do planeamento, com o objetivo de regenerar e revitalizar essas áreas. Mas, para implementar e abordar de forma eficiente as políticas, é necessário uma delimitação adequada do centro da cidade. O conceito de centro da cidade é amplamente utilizado na literatura (Balsas, 2000; Bromley *et al.*, 2007; Ertan e Eğercioğlu, 2016; Kilic, 2008; Peel, 2003; Pissourios, 2014; Temelová e Dvořáková, 2012). Descrito por Murphy e Vance (1954) como o "coração da cidade", o centro da cidade é visto como: (i) a área original da cidade, onde os edifícios mais antigos e notáveis estão localizados (Robertson, 1999); (ii) o centro do sistema de transporte público (Bromley *et al.*, 2007); (iii) uma área com uma forte concentração de estabelecimentos comerciais situados ao longo de ruas para peões e veículos, onde compradores e multidões de pessoas podem inibir a circulação (Bromley *et al.*, 2007); e (iv) um elemento típico da estrutura espacial urbana, constituído por várias unidades com atributos geométricos, topológicos e temáticos particulares, definindo um espaço local composto por usos comerciais adjacentes entre si (Zhu e Sun, 2017).

A metodologia desenvolvida para delimitar o núcleo mais antigo ou centro da cidade da Guarda baseou-se em dados quantitativos e espaciais. O método utiliza dados estatísticos desagregados do edificado dos últimos 100 anos, relativos aos Censos de 2011 (INE, 2012) e decompostos ao nível da subsecção estatística. A análise espacial desenvolvida em Sistemas de Informação Geográfica permitiu identificar a zona onde se localizam os edifícios mais antigos e avaliar a evolução da urbanização ao longo do tempo. Assim, a metodologia pode ser dividida nas seguintes fases: (i) identificação do núcleo urbano mais antigo; (ii) análise da evolução urbana (no que respeita a edifícios construídos) e identificação do núcleo central urbano; (iii) delimitação do núcleo urbano antigo (centro da cidade).

5.2.4.1 Identificação do núcleo urbano mais antigo

A identificação do núcleo urbano mais antigo baseou-se nos dados estatísticos referentes ao número de edifícios construídos, desagregados ao nível da subsecção estatística, relativos ao período anterior a 1919, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística nos Censos de

2011 (INE, 2012). A Figura 5.13 mostra o número de edifícios existentes por subsecção estatística, para este período, na zona urbana da cidade da Guarda.



Fonte dos dados: INE, 2012

Figura 5.13 – Número de edifícios construídos antes de 1919 na zona urbana da Guarda

Analisando a Figura 5.13 é possível identificar três núcleos na zona central da área urbana onde o número de edifícios construídos antes de 1919 é maior, comparativamente ao restante território da área urbana. No total das subsecções estatísticas contíguas e com maior número de edifícios incluídas em cada um destes núcleos, constata-se que no núcleo 1 foram construídos 16 edifícios antes de 1919, no núcleo 2 construíram-se 77 edifícios e no núcleo 3 foram construídos 14 edifícios. Por outro lado, as áreas identificadas contêm monumentos antigos, como o Castelo ou Torre de Menagem, a Judiaria, entre outros edifícios históricos e antigos. Contudo, o núcleo 2 além de possuir o maior número de edifícios construídos corresponde também à área com mais edifícios históricos, como a Torre de Menagem e parte da Judiaria, além de envolver a subsecção estatística que inclui a Catedral. Estes resultados sugerem que o núcleo 2 corresponde ao principal e mais antigo centro urbano. Por conseguinte, considerou-se o núcleo 2 o mais antigo centro urbano da Guarda, integrando as respetivas subsecções estatísticas identificadas na Figura 5.13 e também a subsecção estatística relativa à Catedral (Figura 5.14).

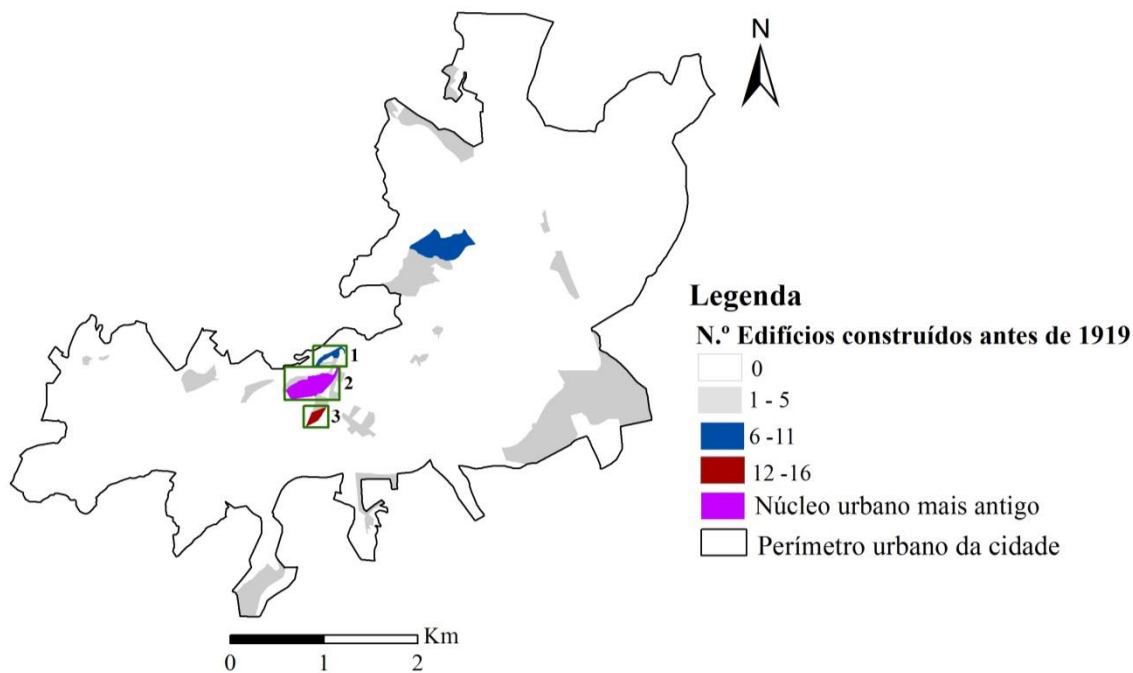


Figura 5.14 – Identificação do núcleo urbano mais antigo da Guarda

5.2.4.2 Análise da evolução urbana e identificação do núcleo urbano central

Tal como na fase anterior, foram utilizados dados estatísticos relativos ao número de edifícios construídos, desagregados ao nível da subsecção estatística, e pertencentes ao período anterior a 1919 até 2011 (INE, 2012).

De modo a analisar a evolução da edificação a partir do núcleo urbano mais antigo, dividiram-se os dados em oito períodos, truncados pelos seguintes anos: anterior a 1919, 1945, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 e 2011. O cálculo do número acumulado de edifícios construídos até cada um dos períodos para cada subsecção estatística (Equação 5.3) permitiu observar de que modo a edificação evoluiu ao longo dos quase 100 anos.

$$(VAcum)_{n_s} = \sum_{i=1}^n (NEdif_s)_i \quad (5.3)$$

Onde,

$(VAcum)_{n_s}$ – Número acumulado de edifícios construídos ao longo do período em análise, em cada subsecção estatística;

n – Número de períodos disponíveis para análise;

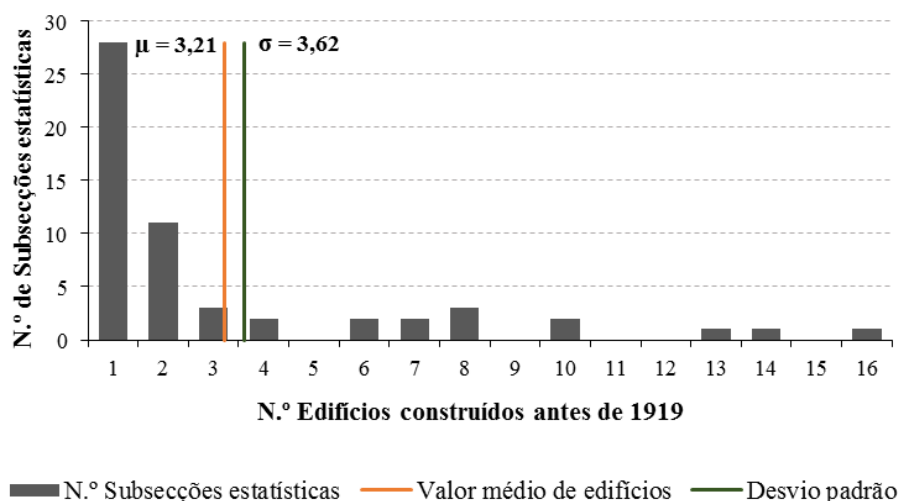
s – Subsecção estatística;

$(NEdif_s)_i$ – Número de edifícios construídos nas subsecções estatísticas no período i .

A agregação das subsecções estatísticas com maior número acumulado de edifícios a partir do núcleo urbano mais antigo, respeitando o critério da continuidade, possibilitou a identificação do núcleo urbano e respetiva análise espacial. Para o efeito, foi necessário definir um valor limite mínimo para o número acumulado de edifícios a partir do qual uma subsecção estatística é incluída no núcleo urbano. A definição deste valor teve por base a análise do número de edifícios construídos por subsecção estatística para o período mais antigo disponível, relativo ao período anterior a 1919.

A análise dos dados estatísticos revela que anteriormente a 1919 a maioria das subsecções estatísticas da área urbana da Guarda tinha um número reduzido de edifícios. Para toda a área urbana, em 474 subsecções estatísticas não existia qualquer construção, havendo no total 180 edifícios distribuídos por 56 subsecções estatísticas (Figura 5.15). Conforme apresentado na Figura 5.15, o número de edifícios por subsecção estatística variava entre 1 e 16, sendo que não existiam subsecções com 5, 9, 11, 12 e 15 edifícios.

De modo a identificar o número mínimo de edifícios por subsecção estatística a incluir no núcleo urbano, realizou-se a análise espacial e estatística. Atendendo às subsecções estatísticas com construções, um total de 56, o valor médio (μ) de edifícios construídos por subsecção estatística antes de 1919 é de 3,21 e o respetivo desvio padrão (σ) é igual a 3,62 (Figura 5.15).



Fonte dos dados: INE, 2012

Figura 5.15 – Número de subsecções estatísticas vs. número de edifícios construídos antes de 1919

A Tabela 5.6 mostra os dados estatísticos referentes ao número de edifícios construídos na zona urbana da Guarda durante o período anterior a 1919.

Tabela 5.6 – Dados estatísticos dos edifícios construídos antes de 1919

| | |
|---|------|
| Mínimo | 0 |
| Máximo | 28 |
| Média | 3,21 |
| Desvio padrão | 3,62 |
| N.º Subsecções estatísticas com edifícios | 56 |
| N.º Total de edifícios | 180 |

Fonte dos dados: INE, 2012

O conjunto dos edifícios foi dividido em intervalos de valores considerando um incremento de 7 unidades, tendo resultado 4 classes: 0-7; 8-14; 15-21; 22-28. A análise da distribuição dos edifícios por cada intervalo baseou-se no cálculo da frequência (Figura 5.16).

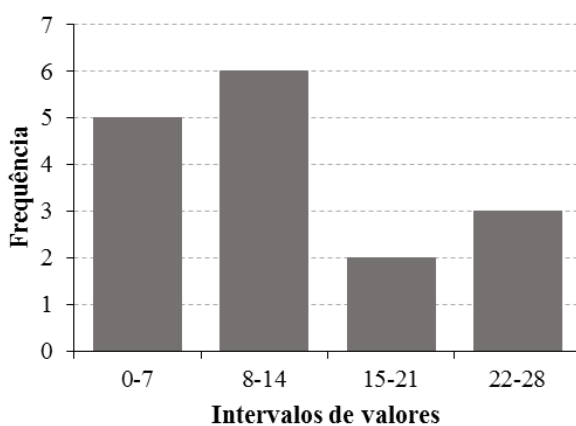


Figura 5.16 – Histograma de frequência do número de edifícios

Pela análise da Figura 5.16 conclui-se que o número de ocorrências é maior para o intervalo de 8 a 14 edifícios e menor para o intervalo seguinte (15 a 21). A frequência de 5 para o primeiro intervalo (0-7) corresponde unicamente ao valor de 0 edifícios resultante das subsecções estatísticas sem construções.

O desvio padrão, sendo uma medida de dispersão em torno da média, reflete a variabilidade das observações em relação à média. Quando a variável segue uma distribuição normal $N(\mu, \sigma)$ (Reis *et al.*, 2003), o desvio padrão fornece informação adicional acerca da forma como as observações se distribuem em torno da média. Assim, a probabilidade das observações estarem contidas no intervalo $[\mu - \sigma, \mu + \sigma]$ é de 68,2%; a probabilidade de estarem contidas no intervalo $[\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma]$ é de 95,4% e a probabilidade das observações estarem dentro do intervalo $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$ é de 99,7%. A Figura 5.17 mostra a curva da distribuição normal, ou função densidade de probabilidade $f(x)$ (Equação 5.4) para a média μ e o desvio padrão σ .

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}; \text{ para } x \in \mathbb{R}; \mu \in \mathbb{R}; \sigma > 0 \quad (5.4)$$

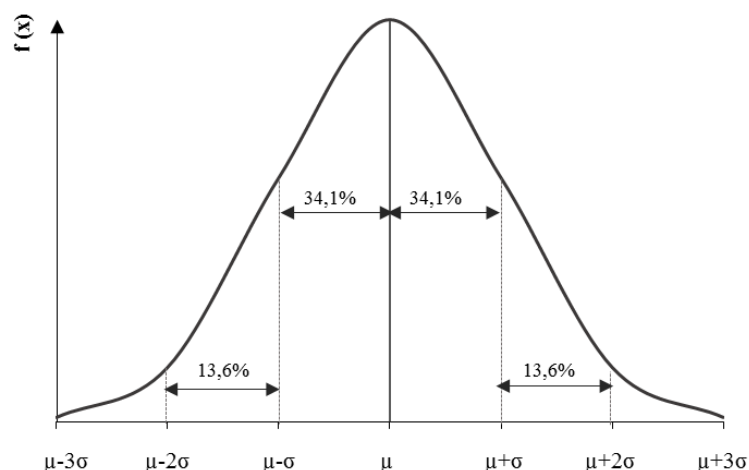


Figura 5.17 – Função densidade da distribuição normal

A estimativa de probabilidades associadas ao número de edifícios construídos anteriormente a 1919 envolveu o cálculo da respetiva curva da densidade (Figura 5.18).

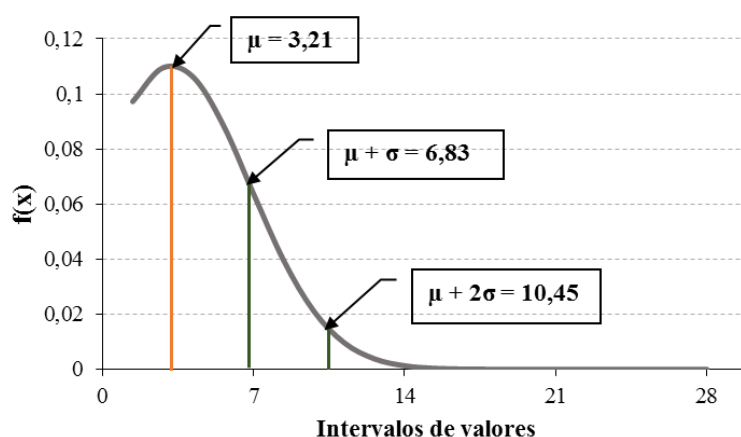


Figura 5.18 – Função densidade de probabilidade para os edifícios construídos antes de 1919

Para o cálculo de probabilidades, qualquer distribuição normal é transformada na designada normal-padrão. Ou seja, se uma variável aleatória x tem distribuição normal qualquer $N(\mu, \sigma)$, então a variável padronizada $Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$, ou normal-padrão, também tem distribuição normal. A distribuição normal padronizada $N(0,1)$ tem média $\mu=0$ e desvio padrão $\sigma=1$. A função de distribuição $\Phi(z)$ (Reis *et al.*, 2003) permite calcular probabilidades em determinados intervalos: $\Phi(z) = P(Z \leq z)$.

De modo a analisar a distribuição das probabilidades associadas ao número de edifícios construídos antes de 1919 estimaram-se os respetivos valores. A Tabela 5.7 mostra os resultados obtidos para diferentes intervalos de número de edifícios.

Tabela 5.7 – Probabilidades (P) para intervalos de número de edifícios construídos antes 1919

| f(x) | $\Phi(z)$ | Probabilidade (P) | Porcentagem |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------|
| $P(X \geq \mu)$ | $P(Z \geq 0)$ | 0,5 | 50% |
| $P(\mu \leq X \leq \mu + \sigma)$ | $P(0 \leq Z \leq 1)$ | 0,3413 | 34,13% |
| $P(X \geq \mu + \sigma)$ | $P(Z \geq 1)$ | 0,1587 | 15,87% |
| $P(X \geq 3)$ | $P(Z \geq -0,06)$ | 0,5239 | 52,39% |
| $P(X \geq 6)$ | $P(Z \geq 0,77)$ | 0,2206 | 22,06% |
| $P(X \geq 10)$ | $P(Z \geq 1,88)$ | 0,0301 | 3% |

Os três primeiros resultados apresentados na Tabela 5.7, demarcando a média e o desvio padrão, correspondem aos valores da função densidade da distribuição normal apresentada na Figura 5.17. Ou seja, comprova-se que a variável relativa ao número de edifícios tem distribuição normal $N(\mu, \sigma)$ com $\mu=3,21$ e $\sigma=3,62$.

Considerando que se pretende identificar um número mínimo de edifícios por subsecção estatística a incluir no núcleo urbano, foram analisadas as probabilidades para os valores inteiros 3, 6 e 10 (Tabela 5.7). Conclui-se que a probabilidade aumenta com o intervalo. Ou seja, a maior probabilidade corresponde ao número de edifícios maior ou igual a 3 e a menor para 10 ou mais edifícios.

Observando que a frequência é maior para o intervalo de 8 a 14 edifícios (Figura 5.16); que a probabilidade para 10 ou mais edifícios é muito pequena e por isso demasiado restritiva; que a probabilidade para 3 ou mais edifícios é superior a 50% (probabilidade para a média); considera-se que o intervalo para 6 ou mais edifícios ($X \geq 6$), com um valor de probabilidade intermédio, é o mais equilibrado e que melhor se adequa ao conjunto dos edifícios construídos antes de 1919.

Foi ainda realizada a análise espacial para cada intervalo: $X \geq 3$, $X \geq 6$ e $X \geq 10$. Pretende-se assim identificar a distribuição espacial das subsecções estatísticas que satisfazem cada condição relativa ao número mínimo de edifícios. Confrontou-se ainda cada um dos três resultados com o núcleo urbano mais antigo. As Figuras 5.19, 5.20 e 5.21, mostram os resultados para cada uma das análises efetuadas.

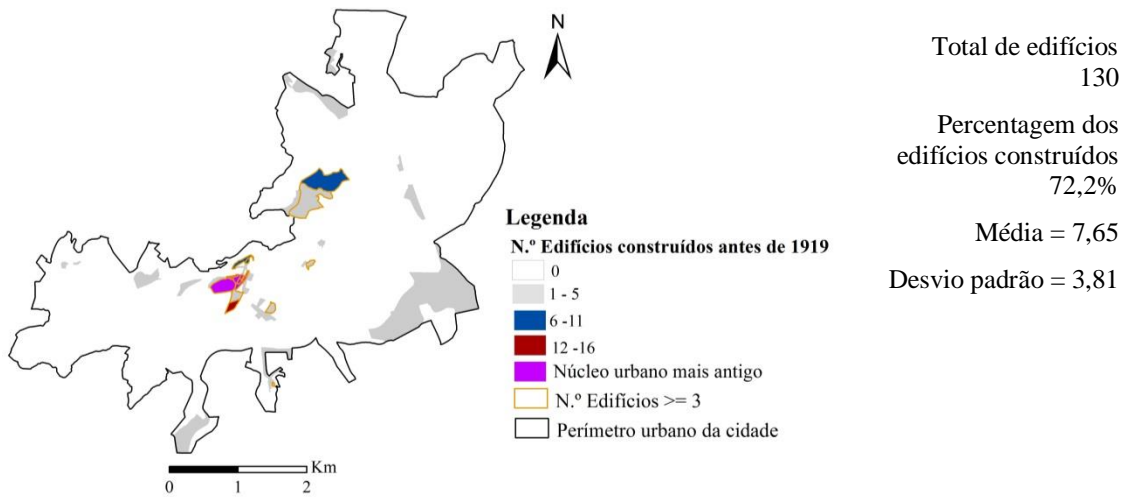


Figura 5.19 – Subsecções estatísticas com número de edifícios maior ou igual a 3

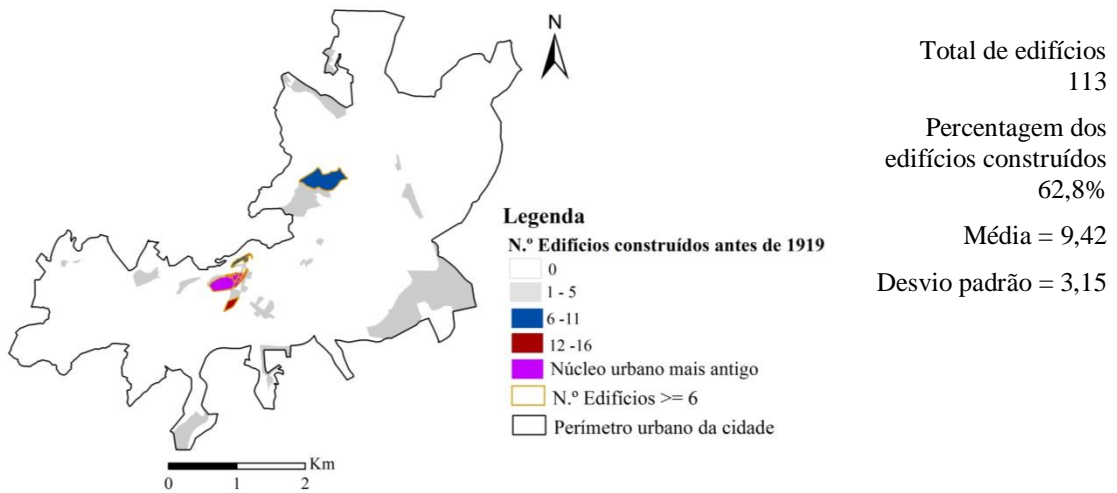


Figura 5.20 – Subsecções estatísticas com número de edifícios maior ou igual a 6

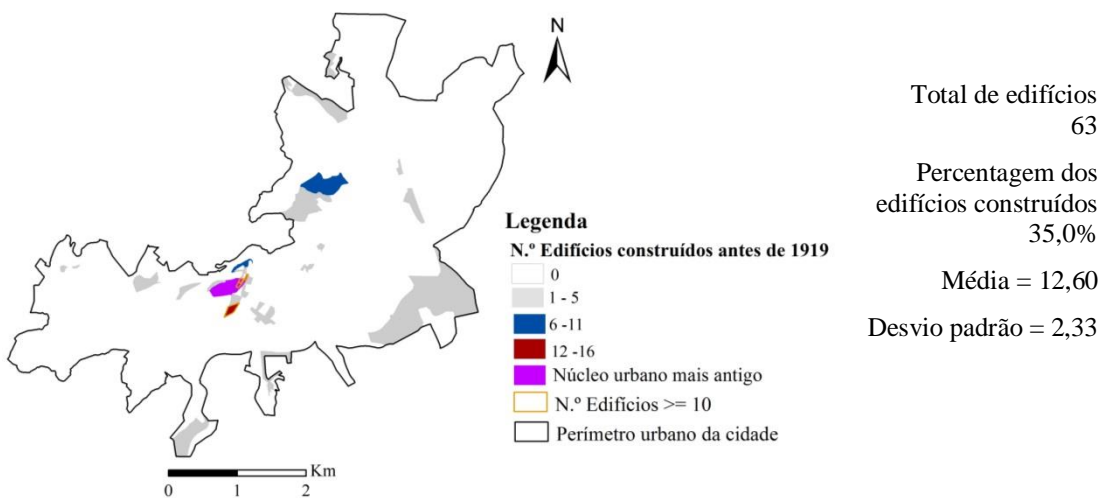


Figura 5.21 – Subsecções estatísticas com número de edifícios maior ou igual a 10

Analisando os resultados pode concluir-se que:

- Parte das subsecções estatísticas obtidas a partir da primeira opção (Figura 5.19) estão dispersas pela área urbana, mostrando-se um resultado pouco coeso. No entanto, a grande maioria dos edifícios construídos antes de 1919 (72,2%) estão incluídos nesta solução, o que se justifica pelo baixo número de edifícios exigidos. No entanto, o valor médio de edifícios é de 7,65.
- A segunda opção (Figura 5.20) permitiu obter um conjunto de subsecções estatísticas que pertencem ao núcleo urbano mais antigo. Este resultado inclui 62,8% dos edifícios construídos antes de 1919, apresenta-se com pouca dispersão espacial (desvio padrão igual 3,15) e inclui o núcleo urbano mais antigo.
- A terceira opção (Figura 5.21) apresenta-se bastante restritiva na seleção das subsecções estatísticas. Apenas 35,0% dos edifícios existentes antes de 1919 fazem parte desta solução.

Considerando a análise estatística e espacial apresentada, concluiu-se que o valor de 6 edifícios por subsecção estatística é aquele que permite obter resultados mais coesos e ajustados ao núcleo urbano da cidade. Por conseguinte, foi considerado este valor como número mínimo de edifícios por subsecção estatística a considerar na delimitação do núcleo urbano, ou centro urbano, da Guarda.

De modo a avaliar o nível de crescimento urbano e respetivo nível de consolidação da área urbana contínua identificada foram criados quatro índices.

- 1) O índice de edifícios construídos (Equação 5.5). Permite medir o nível de edificação da área urbana contínua identificada até um determinado período.

$$I_Edif_m = \frac{(Edif)_i}{(V_{Acum})_i} \quad (5.5)$$

Onde,

$(Edif)_i$ – Número acumulado de edifícios na área urbana contínua identificada, construídos até ao período i ;

i – Período em análise;

$(V_{Acum})_i$ - Número acumulado de edifícios construídos em toda a área urbana até ao período i .

- 2) O índice de crescimento urbano (Equação 5.6). Permite medir o nível de expansão da área urbana contínua identificada até um determinado período.

$$I_CrescUrb_i = \frac{(Subs)_i}{SubsTotal} \quad (5.6)$$

Onde,

$(\text{Subs})_i$ – Número de subsecções estatísticas da área urbana contínua identificada, para o período i ;

i – Período em análise;

SubsTotal - Número total de subsecções estatísticas em todo o perímetro urbano.

Estes dois índices (Equações 5.5 e 5.6) permitem avaliar a dispersão do crescimento urbano para os períodos considerados na análise. Assim, os respetivos valores refletem a dispersão dos edifícios e da expansão urbana, podendo os mesmos variar entre 0 e 1. Valores próximos de 1 indicam um modelo de crescimento com grande dispersão urbana, enquanto que valores próximos de 0 correspondem a um modelo de crescimento com baixa dispersão urbana.

3) Densidade de edifícios construídos na área urbana contínua (Equação 5.7). Permite avaliar a densidade de edifícios construídos na área urbana contínua identificada, até ao período i .

$$\text{DenEdif}_{\text{UrbCons}} = \frac{(\text{Edif})_i}{\text{Area}_{\text{UrbCons}}} \quad (5.7)$$

Onde,

$(\text{Edif})_i$ – Número acumulado de edifícios construídos na área urbana contínua identificada, até ao período i ;

$\text{Area}_{\text{UrbCons}}$ - Área da zona urbana contínua identificada;

i – Período em análise.

4) Densidade atual de edifícios construídos na área urbana contínua (Equação 5.8). Permite avaliar a densidade de edifícios construídos até ao período mais recente disponível, na área urbana contínua identificada para cada período i .

$$(\text{DenEdif}_{\text{Atual}})_i = \frac{N_{\text{Edif}}}{\text{Area}_{\text{UrbCons}}} \quad (5.8)$$

Onde,

N_{Edif} - Número acumulado de edifícios na área urbana contínua identificada, construídos ao longo do período total em análise;

$\text{Area}_{\text{UrbCons}}$ - Área da zona urbana contínua identificada;

i – Período em análise.

Os índices das Equações 5.7 e 5.8 avaliam o nível de consolidação atingido para cada resultado, de modo a identificar o período em que a área urbana contínua identificada começou a ser menos consistente e mais dispersa. A densidade atual de edifícios construídos na área urbana contínua (Equação 5.8) avalia o comportamento da edificação para o período mais recente disponível. Permite, assim, analisar se o número de edifícios na área urbana contínua identificada estabilizou. Quando não se verificar evolução na edificação, considera-se a área urbana identificada como consolidada.

Na Tabela 5.8 apresenta-se a evolução urbana ao longo dos oito períodos em análise, anterior a 1919 até 2011, e os respetivos índices calculados. O primeiro período, anterior a 1919, corresponde ao núcleo urbano mais antigo identificado anteriormente (Subsecção 5.2.4.1). A área urbana contínua identificada na Tabela 5.8 corresponde à área urbana cujas subsecções estatísticas têm 6 ou mais edifícios e são contíguas ao núcleo urbano mais antigo. Apresentam-se os valores relativos à mancha urbana contínua identificada, incluindo o núcleo urbano mais antigo, e à totalidade da área urbana, para cada período, de modo a ser possível a respetiva comparação. Foi analisada a evolução urbana para cada período a partir do núcleo urbano mais antigo, procedendo-se à agregação das subsecções estatísticas seguindo o critério de continuidade de modo a criar uma área urbana contínua para cada período. De modo a estabelecer a relação de grandeza entre a área urbana contínua e toda a área urbana, calculou-se o rácio entre estas duas áreas para cada período (Tabela 5.8).

A análise dos resultados (Tabela 5.8) mostra que a área construída aumenta ao longo do período em análise, verificando-se um aumento da dispersão das subsecções estatísticas com maior número de edifícios a partir de 1970. A área urbana contínua para o primeiro período, anterior a 1919, coincide com o núcleo urbano mais antigo. A partir deste, a área urbana cresce moderadamente até 1970. A partir de 1980 o número de subsecções estatísticas com maior número de edifícios aumenta, aumentando também o espalhamento da área com maior ocupação urbana. Consequentemente, a área urbana contínua também se dispersa ocupando grande parte da área urbana da cidade em 2011.

Tabela 5.8 – Evolução temporal da área construída

| | Área urbana contínua | Área urbana total | Evolução espacial |
|---|----------------------|-------------------|-------------------|
| | Antes de 1919 | | |
| I_Edif | 0,43 | | |
| Edif V _{Acum} | 78 | 180 | |
| I_CrescUrb | 0,02 | | |
| Subs SubsTotal | 9 | 530 | |
| AreaUrbCons AreaTotal (ha) | 8,86 | 1837,71 | |
| Rácio Áreas | 0,005 | | |
| DenEdif _{UrbCons} DenEdif _{AreaTotal} (edif/ha) | 8,80 | 0,1 | |
| DenEdif _{Atual} (edif/ha) | 11,51 | 3,34 | |
| N.º Edifícios 2011 (N _{Edif}) | 102 | 6129 | |

| | Antes de 1919 - 1945 | | Evolução espacial |
|---|----------------------|---------|-------------------|
| | Antes de 1919 - 1945 | | |
| I_Edif | 0,38 | | |
| Edif V _{Acum} | 174 | 459 | |
| I_CrescUrb | 0,03 | | |
| Subs SubsTotal | 14 | 530 | |
| AreaUrbCons AreaTotal (ha) | 13,49 | 1837,71 | |
| Rácio Áreas | 0,007 | | |
| DenEdif _{UrbCons} DenEdif _{AreaTotal} (edif/ha) | 12,90 | 0,25 | |
| DenEdif _{Atual} (edif/ha) | 14,31 | 3,34 | |
| N.º Edifícios 2011 (N _{Edif}) | 193 | 6129 | |

| | Antes de 1919 - 1960 | | Evolução espacial |
|---|----------------------|---------|-------------------|
| | Antes de 1919 - 1960 | | |
| I_Edif | 0,38 | | |
| Edif V _{Acum} | 299 | 787 | |
| I_CrescUrb | 0,04 | | |
| Subs SubsTotal | 23 | 530 | |
| AreaUrbCons AreaTotal (ha) | 17,99 | 1837,71 | |
| Rácio Áreas | 0,01 | | |
| DenEdif _{UrbCons} DenEdif _{AreaTotal} (edif/ha) | 16,62 | 0,43 | |
| DenEdif _{Atual} (edif/ha) | 22,18 | 3,34 | |
| N.º Edifícios 2011 (N _{Edif}) | 399 | 6129 | |

| | Antes de 1919 - 1970 | | Evolução espacial |
|---|----------------------|---------|-------------------|
| | Antes de 1919 - 1970 | | |
| I_Edif | 0,29 | | |
| Edif V _{Acum} | 362 | 1269 | |
| I_CrescUrb | 0,05 | | |
| Subs SubsTotal | 27 | 530 | |
| AreaUrbCons AreaTotal (ha) | 26,53 | 1837,71 | |
| Rácio Áreas | 0,014 | | |
| DenEdif _{UrbCons} DenEdif _{AreaTotal} (edif/ha) | 13,64 | 0,69 | |
| DenEdif _{Atual} (edif/ha) | 17,30 | 3,34 | |
| N.º Edifícios 2011 (N _{Edif}) | 459 | 6129 | |

Tabela 5.8 – Evolução temporal da área construída (Cont.)

| | Área urbana contínua | Área urbana total | Evolução espacial |
|--|----------------------|-------------------|--|
| Antes de 1919 - 1980 | | | |
| I_Edif | 0,39 | | <p>Legenda N.º Edifícios construídos antes 1919 a 1980</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 >0 e <6 >= 6 Núcleo urbano mais antigo Área urbana contínua Perímetro urbano da cidade |
| Edif V _{Acum} | 866 | 2212 | |
| I_CrescUrb | 0,13 | | |
| Subs SubsTotal | 71 | 530 | |
| Area _{UrbCons} AreaTotal (ha) | 101,10 | 1837,71 | |
| Rácio Áreas | 0,055 | | |
| DenEdif _{UrbCons} DenEdif _{AreaTotal} (edif/ha) | 8,57 | 1,20 | |
| DenEdif _{Atual} (edif/ha) | 11,95 | 3,34 | |
| N.º Edifícios 2011 (N _{Edif}) | 1208 | 6129 | |

| | Área urbana contínua | Área urbana total | Evolução espacial |
|--|----------------------|-------------------|--|
| Antes de 1919 - 1990 | | | |
| I_Edif | 0,51 | | <p>Legenda N.º Edifícios construídos antes 1919 a 1990</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 >0 e <6 >= 6 Núcleo urbano mais antigo Área urbana contínua Perímetro urbano da cidade |
| Edif V _{Acum} | 1898 | 3692 | |
| I_CrescUrb | 0,28 | | |
| Subs SubsTotal | 146 | 530 | |
| Area _{UrbCons} AreaTotal (ha) | 234,04 | 1837,71 | |
| Rácio Áreas | 0,13 | | |
| DenEdif _{UrbCons} DenEdif _{AreaTotal} (edif/ha) | 8,11 | 2,01 | |
| DenEdif _{Atual} (edif/ha) | 9,90 | 3,34 | |
| N.º Edifícios 2011 (N _{Edif}) | 2318 | 6129 | |

| | Área urbana contínua | Área urbana total | Evolução espacial |
|--|----------------------|-------------------|--|
| Antes de 1919 - 2000 | | | |
| I_Edif | 0,87 | | <p>Legenda N.º Edifícios construídos antes 1919 a 2000</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 >0 e <6 >= 6 Núcleo urbano mais antigo Área urbana contínua Perímetro urbano da cidade |
| Edif V _{Acum} | 4556 | 5256 | |
| I_CrescUrb | 0,63 | | |
| Subs SubsTotal | 332 | 530 | |
| Area _{UrbCons} AreaTotal (ha) | 849,46 | 1837,71 | |
| Rácio Áreas | 0,46 | | |
| DenEdif _{UrbCons} DenEdif _{AreaTotal} (edif/ha) | 5,36 | 2,86 | |
| DenEdif _{Atual} (edif/ha) | 5,91 | 3,34 | |
| N.º Edifícios 2011 (N _{Edif}) | 5024 | 6129 | |

| | Área urbana contínua | Área urbana total | Evolução espacial |
|--|----------------------|-------------------|--|
| Antes de 1919 - 2011 | | | |
| I_Edif | 0,89 | | <p>Legenda N.º Edifícios construídos antes 1919 a 2011</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 >0 e <6 >= 6 Núcleo urbano mais antigo Área urbana contínua Perímetro urbano da cidade |
| Edif V _{Acum} | 5479 | 6129 | |
| I_CrescUrb | 0,71 | | |
| Subs SubsTotal | 378 | 530 | |
| Area _{UrbCons} AreaTotal (ha) | 1023,66 | 1837,71 | |
| Rácio Áreas | 0,56 | | |
| DenEdif _{UrbCons} DenEdif _{AreaTotal} (edif/ha) | 5,35 | 3,34 | |
| DenEdif _{Atual} (edif/ha) | 5,35 | 3,34 | |
| N.º Edifícios 2011 (N _{Edif}) | 5479 | 6129 | |

Fonte dos dados: INE, 2012

Até 1970 o índice de crescimento urbano ($I_{CrescUrb}$) cresce moderadamente, enquanto que o índice de edificação (I_{Edif}) decresce no mesmo período (Figura 5.22). O rácio entre as áreas acompanha a evolução do crescimento da área urbana contínua identificada, para este período.

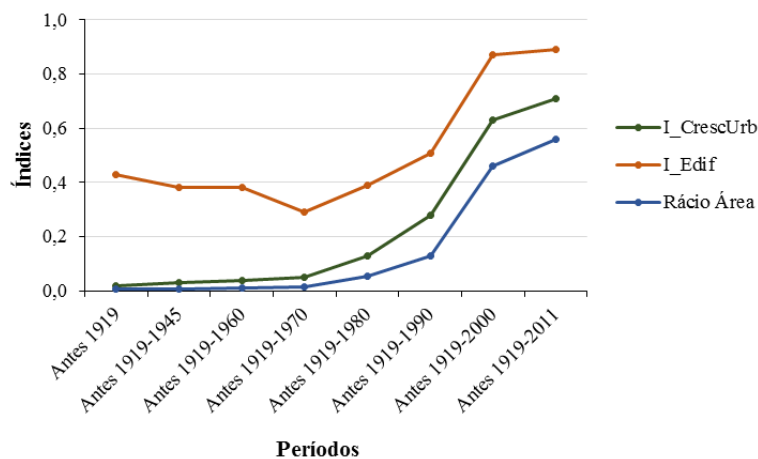


Figura 5.22 – Índices dos níveis de edificação e de expansão urbana

No período entre 1970 e 2000 o crescimento dos índices apresentados na Figura 5.22 é bastante acentuado, com particular incidência durante a década de 1990 a 2000, reduzindo entre 2000 e 2011. O índice de crescimento urbano cresceu de 0,05 (antes 1919-1970) para 0,71 em 2011, mostrando que a área urbana contínua identificada se expandiu, como apresentado nos mapas da Tabela 5.8. De igual modo, o nível de edificação cresceu de 0,29 para 0,89 e o rácio da área aumentou de 0,014 para 0,56.

Entre 1970 e 1990 o número de edifícios construídos fora da área urbana contínua regista um maior aumento, quando comparado com o nível de construção no seu interior o que sugere que a cidade começou a crescer para fora do centro urbano. De facto, comparando o número acumulado de edifícios nas duas áreas urbanas ($Edif$ e V_{Acum}), a diferença é de 1346 edifícios para o período até 1980 e de 1794 para o período seguinte. Esta diferença diminui para os períodos seguintes, indicando que o crescimento urbano começou a estabilizar. Esta análise reflete um modelo de expansão urbana rápida e difusa desde 1970, tal como os valores dos índices $I_{CrescUrb}$ e I_{Edif} também demonstram (Figura 5.22). Além disso, as áreas com maior número acumulado de edifícios não são contínuas, exibindo uma configuração irregular e dispersa (*sprawl* urbano) como mostram os mapas da Tabela 5.8. No entanto, existem subsecções estatísticas na área urbana central que estão praticamente estáveis desde 1970. Estas áreas podem corresponder à zona urbana mais antiga e mais consolidada.

A análise das densidades considerando a evolução da densidade de edifícios construídos até cada período (Figura 5.23) e a evolução da densidade atual de edifícios construídos (Figura 5.24) também confirmam a tendência de *sprawl* a partir de 1970.

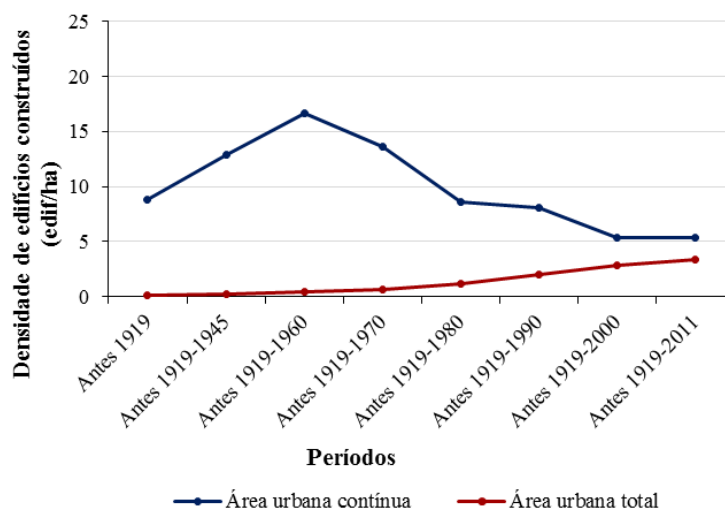


Figura 5.23 – Evolução da densidade de edifícios construídos em cada período

A Figura 5.23 mostra que a densidade de edifícios construídos na área urbana total aumentou progressivamente ao longo dos oito períodos analisados, desde 0,1 edif/ha antes de 1919 até 3,34 edif/ha no último período. Este crescimento é particularmente evidente a partir de 1970. Por outro lado, a densidade de edifícios construídos na área urbana contínua aumenta até 1960 quando atinge o valor máximo (16,62 edif/ha) e decresce nos períodos seguintes alcançando o valor mínimo em 2011 de 5,35 edif/ha. Esta queda acentua-se a partir de 1970, onde a densidade é de 13,64 edif/ha. Conclui-se assim, que a rápida urbanização iniciada entre a década de 1970 e 1980 alentou a expansão e a cidade cresceu, convertendo o solo rural suburbano em área urbana de forma fragmentada.

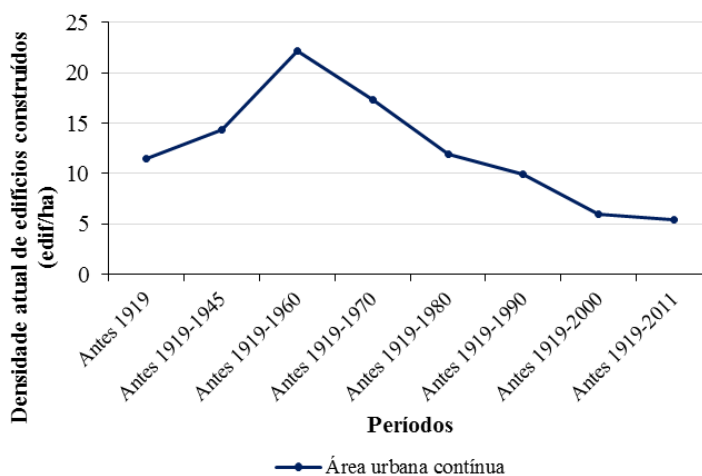


Figura 5.24 – Evolução da densidade de edifícios construídos até 2011 na área urbana contínua identificada para cada período

A evolução da densidade de edifícios construídos até 2011 na área urbana consolidada para cada período (Figura 5.24) também mostra a tendência de crescimento urbano de baixa densidade a partir da década de 1960 (22,18 edif/ha) e de 1970 (17,30 edif/ha). A densidade diminuiu até 5,35 edif/ha em 2011. As Figuras 5.23 e 5.24 mostram que o aumento das densidades até ao período antes 1919-1960 corresponde a um modelo de crescimento urbano lento mas contínuo. Contrariamente, os períodos seguintes moldaram um processo de urbanização intenso mas descontínuo.

Do ponto de vista urbano, a análise realizada sugere que até 1960 o crescimento urbano foi de baixa expansão com aumento das densidades de construção, podendo concluir-se que se registou a “compactação” ou preenchimento da área urbana ocupada durante estes períodos iniciais. Entre a década de 1960 até 1970 os valores das densidades diminuíram ligeiramente, sugerindo que houve alguma expansão mas de forma controlada. Assim, pode concluir-se que o centro da cidade estabilizou ao longo desta década (1960-1970), originando uma área urbana consolidada. A partir de 1970 aumenta a expansão e a descontinuidade das subsecções estatísticas com maior número acumulado de edifícios. Por conseguinte, a delimitação do centro da cidade de Guarda apoiou-se na configuração espacial das subsecções estatísticas com uma urbanização mais contínua, considerando o período acumulado anterior a 1919-1970.

5.2.4.3 Delimitação do núcleo urbano consolidado (centro da cidade)

Para delimitar o núcleo urbano consolidado foram avaliadas três variáveis diferentes, por subsecção estatística: (i) o número acumulado de edifícios; (ii) a densidade de edifícios construídos até 1970; (iii) a densidade de edifícios construídos até 2011. Foram usadas as densidades por ser uma medida que melhor permite avaliar a ocupação do solo, quando comparada com o número de construções. A Figura 5.25 mostra as áreas respeitantes a cada uma destas variáveis.

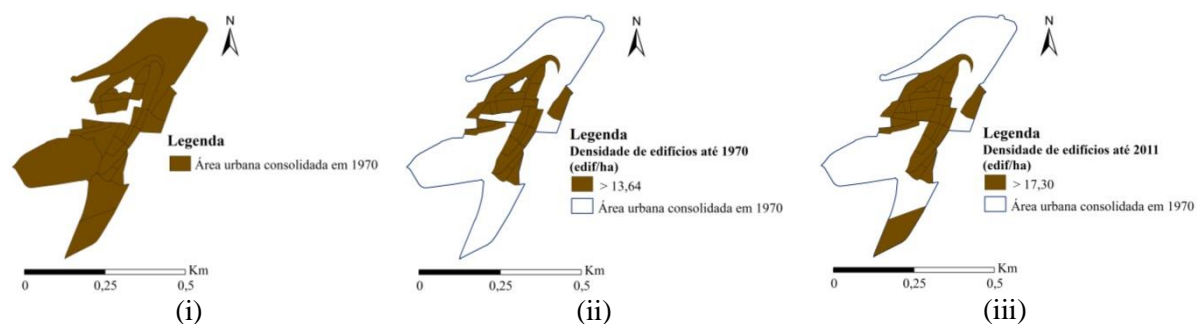


Figura 5.25 – Avaliação por subsecção estatística das variáveis para definir o limite do núcleo urbano

A Figura 5.25 (i) é referente ao núcleo urbano consolidado identificado para o período antes 1919-1970, de acordo com a metodologia exposta acima. Para esta área o número acumulado de edifícios construídos em cada subsecção estatística é maior ou igual a 6, com exceção de uma subsecção estatística com apenas 1 edifício (Catedral) mas que pertence ao núcleo urbano mais antigo (Subsecção 5.2.4.1). Considerando a área urbana consolidada identificada em (i), pesquisaram-se as subsecções estatísticas cujo valor da densidade de edifícios construídos até 1970 é maior ou igual que 13,64 edif/ha (Figura 5.25 (ii)) e com densidade de edifícios construídos até 2011 maior ou igual que 17,30 edif/ha (Figura 5.25 (iii)). Estes valores resultam da análise apresentada anteriormente. Assim, com base na delimitação da área urbana consolidada (Figura 5.25 (i)) foi realizada a pesquisa da área que satisfaz os critérios de densidade mencionados. Verificou-se que a menor densidade de edifícios construídos até 1970 é de 13,82 edif/ha e que a menor densidade de edifícios construídos até 2011 é de 17,63 edif/ha. A utilização das densidades permitiu incluir algumas áreas que, apesar do número acumulado de edifícios ser menor, o que as excluiu da designada área urbana consolidada, o facto de terem uma área pequena possibilita a sua inclusão nestas soluções por respeitarem os valores mínimos de densidades exigidos na pesquisa (Figura 5.25).

A utilização das densidades gerou uma área com maior continuidade e mais densa, onde as densidades de ocupação são maiores. No entanto, a densidade de edifícios construídos até 2011 (Figura 5.25 (iii)) apresenta um resultado mais consistente, com valores mais altos que a densidade de edifícios construídos até 1970 (Figura 5.25 (ii)). Além disso, a avaliação da densidade de ocupação para a data mais recente em análise (2011) e apresentando valores superiores, indica que a área urbana identificada está mais preenchida. No entanto, existem algumas subsecções estatísticas que tendo densidade elevada são descontínuas ao núcleo central. Consequentemente foi considerada a solução relativa à densidade de edifícios construídos até 2011 a mais adequada para delimitar o centro urbano consolidado da Guarda. Assim, para a delimitação do núcleo urbano consolidado ou centro da cidade, consideraram-se todas as subsecções estatísticas contínuas referentes a esta solução e o núcleo mais antigo calculado, o que permitiu que alguns edifícios como a Catedral e o Castelo, que haviam sido excluídos por as subsecções estatísticas onde se incluem serem de baixa densidade, fossem integrados na área final.

A medida de densidade revela-se pouco sensível para lidar com áreas de baixa densidade de construção, ou contendo extensas áreas não ocupadas em torno de monumentos onde a construção não é permitida. No entanto, essas áreas com menor ocupação pertencem ao centro da cidade e as respetivas regras de proteção permanecerão no futuro, pelo que deverão integrar

a área urbana consolidada. A Figura 5.26 mostra o núcleo urbano consolidado ou centro da cidade resultante da análise.

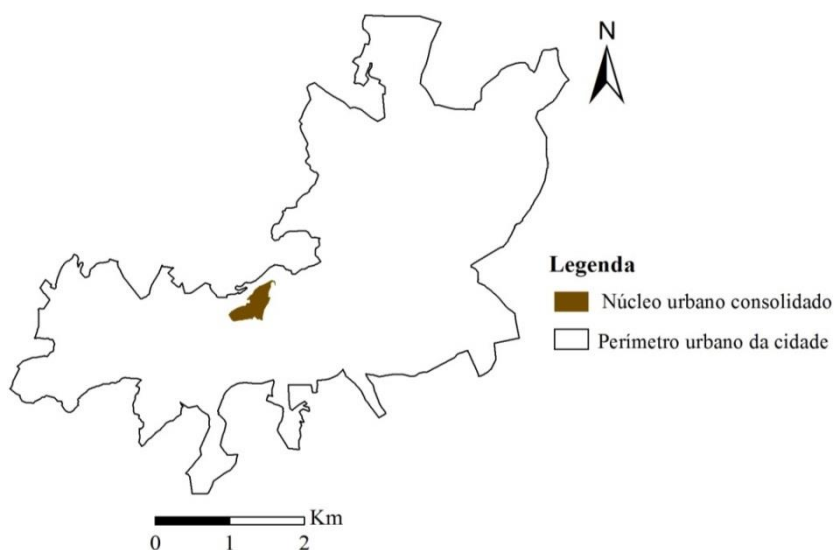
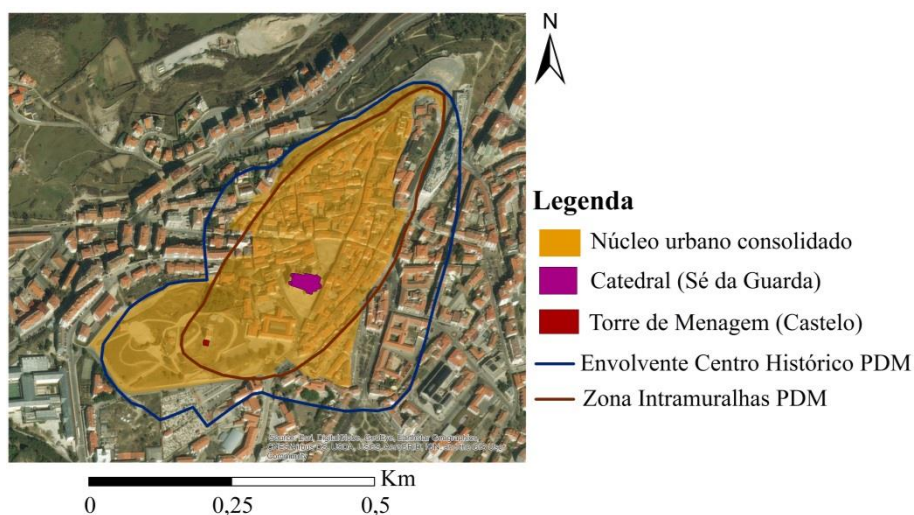


Figura 5.26 – Núcleo urbano consolidado calculado

O núcleo urbano consolidado obtido é caracterizado por uma densidade de construção de 26,67 edif/ha, ocupando uma área de 15ha e tendo sido construídos 400 edifícios até 2011. No período anterior a 1919 existiam 99 edifícios e até 1970 foram construídos 293 edifícios nesta área urbana. Visualizou-se a delimitação obtida junto com os limites oficiais da envolvente ao Centro Histórico e da zona intramuralhas definidos no Plano Diretor Municipal da Guarda (CMG, 2014). Na Figura 5.27 apresentam-se os referidos limites e o núcleo urbano consolidado obtido sobre uma imagem de satélite da cidade da Guarda.

Analisando os limites da Figura 5.27 pode concluir-se que o núcleo urbano calculado engloba quase toda a área do Centro Histórico da cidade, acompanhando na sua maioria as muralhas da cidade ainda presentes. No entanto, verifica-se que no lado Nordeste do Centro Histórico há uma descontinuidade em relação ao limite das muralhas da cidade, a qual é originada pela exclusão da solução de uma subsecção estatística devido à metodologia seguida e principalmente ao valor mínimo de densidade de edifícios imposto (17,30 edif/ha) para a delimitação do núcleo urbano consolidado. Nesta subsecção estatística foram construídos até 2011 15 edifícios e apresenta uma densidade de edifícios construídos até 2011 de 15,93 edif/ha. Atendendo a que o Regulamento do Plano Diretor Municipal da Guarda (CMG, 1994) prevê construções de raiz no Centro Histórico, respeitando normas próprias, entendeu-se não incluir esta área no núcleo urbano consolidado calculado.



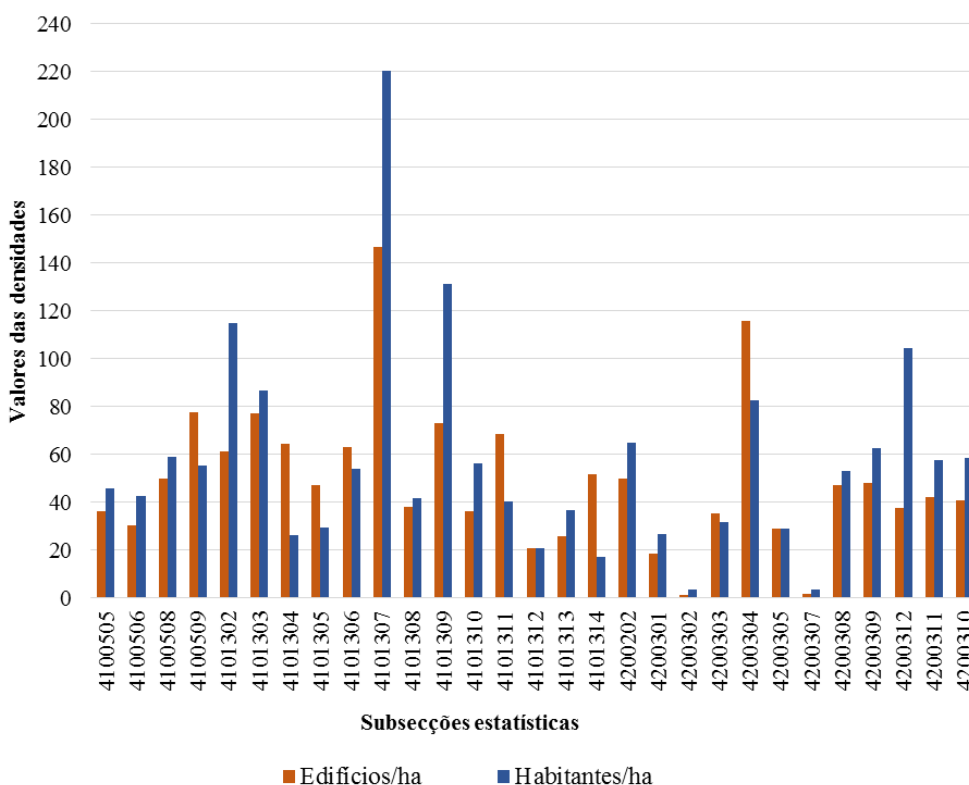
Fonte: Base Map ArcGis online World Imagery (ESRI); CMG, 1994.

Figura 5.27 – Núcleo urbano consolidado calculado e limites oficiais do Centro Histórico da Guarda sobre imagem de satélite

Quando comparado com a envolvente ao Centro Histórico definida no PDM a área do núcleo calculado é menor. No entanto, está integrado nesta envolvente indicando que corresponde ao Centro Histórico da cidade. A área do núcleo urbano calculado está totalmente preenchida por edifícios, impossibilitando que novas construções surjam. As zonas envolventes à Catedral e à Torre de Menagem, menos preenchidas, correspondem a áreas protegidas a novas edificações. A Torre de Menagem, também designada por Castelo da Guarda, foi classificada como Monumento Nacional, segundo o Decreto de 16-06-1910, DG n.º 136 de 23-06-1910. A Portaria publicada em DG, II Série, n.º 237 de 08-10-1956, classificou como zona *non aedificandi* incluído numa Zona Especial de Proteção. Também a Sé Catedral, ou Sé da Guarda, foi classificada como Monumento Nacional em Decreto de 10-01-1907, DG n.º 14 de 17-01-1907, e em Decreto de 16-06-1910, DG n.º 136 de 23-06-1910. A Portaria publicada em DG, II Série, n.º 154 de 03-07-1953, classificou-a como Zona Especial de Proteção (SIPA, 2014).

Conclui-se assim, que o núcleo urbano calculado corresponde a uma zona da cidade consolidada e compacta. Esta conclusão é ainda suportada pela análise realizada individualmente para cada subsecção estatística, relativa ao número de edifícios construídos ao longo do período analisado (anterior a 1919 até 2011). Os gráficos apresentados no Anexo C permitem observar a evolução do número de edifícios construídos para cada subsecção estatística. Verifica-se que na sua grande maioria há um decréscimo do número de edifícios construídos nos últimos períodos, sendo que grande parte das subsecções estatísticas não teve qualquer construção desde 1945.

A comparação entre a densidade de edifícios e a densidade de população residente para cada subsecção estatística pertencente ao núcleo urbano calculado (Figura 5.28) mostra que, de um modo geral, no núcleo urbano calculado os maiores valores de densidade de edifícios correspondem a maiores valores de densidade de população residente, o que sugere a estabilização desta área urbana.



Fonte dos dados: INE, 2012

Figura 5.28 – Densidade de edifícios e densidade de população residente no núcleo urbano calculado

5.2.5 Zona de Estudo

A zona urbana objeto de estudo e sobre a qual se aplicou o modelo de análise multicritério para o cálculo do IEUS, corresponde à área compreendida entre o limite do núcleo urbano consolidado e o perímetro urbano exterior calculado para a cidade da Guarda. Tendo como objetivo a análise da sustentabilidade na zona de expansão urbana da cidade, o núcleo urbano consolidado referente ao centro da cidade, não foi considerado para a definição da zona de estudo. Assim, a delimitação da zona de estudo baseou-se nos dois limites calculados e apresentados nas Secções 5.2.3 e 5.2.4. Na Figura 5.29 apresenta-se a zona de estudo para a cidade da Guarda, que resulta da área correspondente ao núcleo urbano consolidado subtraída à área delimitada pelo perímetro urbano da cidade.

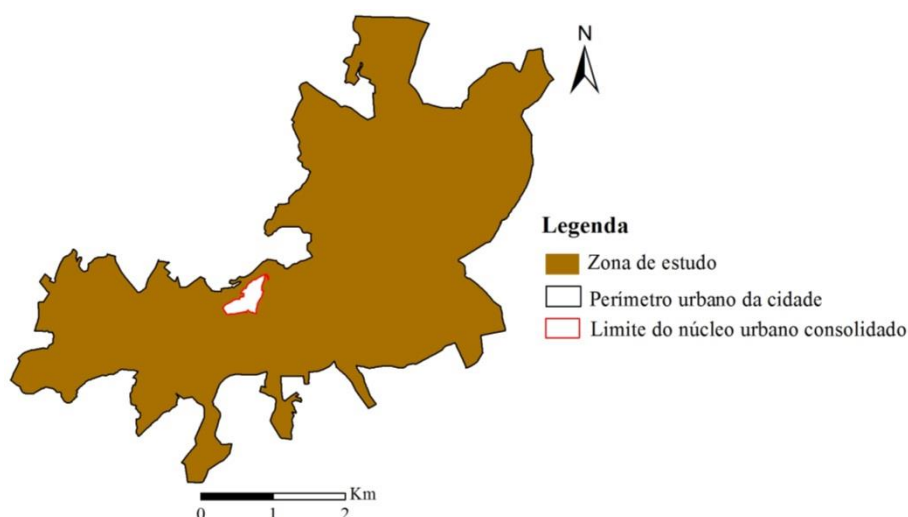


Figura 5.29 – Zona de estudo para a cidade da Guarda

Na Tabela 5.9 apresentam-se os principais valores estatísticos da zona de estudo, segundo os Censos de 2011.

Tabela 5.9 – Principais valores estatísticos da zona de estudo

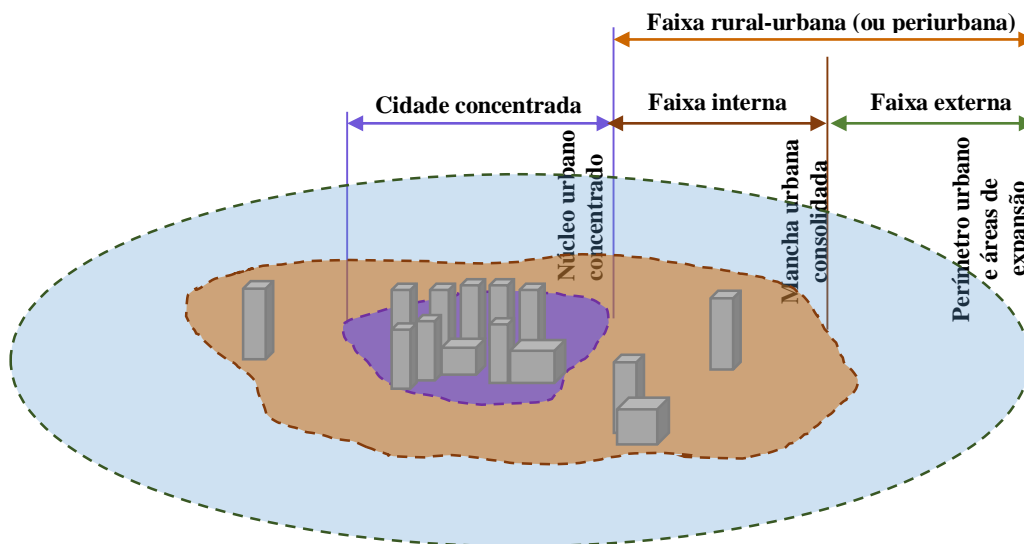
| | |
|---------------------------------------|--------------|
| N.º de Subsecções estatísticas | 501 |
| Área | 1822,71 ha |
| N.º de Edifícios construídos até 2011 | 5729 |
| N.º de residentes | 26197 |
| Densidade populacional | 14,37 hab/ha |
| Densidade de edifícios | 3,14 edif/ha |
| Habitantes/Edifício | 4,57 |

Fonte dos dados: INE, 2012

Os valores da Tabela 5.9 revelam uma área urbana de baixa densidade, quer de edifícios construídos quer de população residente.

O modelo de Bryant e Russwurm (1982; In Molinero, 1990) apresentado no Capítulo II, além da cidade concentrada distingue três coroas periurbanas segundo o grau de evolução e tipo de ocupação, designadas por: faixa rural-urbana, zona de sombra e área rural. Considerando a definição destas áreas periurbanas adaptou-se o referido modelo à zona de estudo, de modo a identificar a área periurbana ou faixa rural-urbana para a cidade da Guarda (Figura 5.30).

Conforme apresentado na Figura 5.30 foram consideradas duas coroas urbanas, a cidade concentrada relativa à área urbana ocupada por edificações contínuas e a faixa rural-urbana ou periurbana que se subdivide na faixa interna (total conversão do solo rural em urbano) e na faixa externa (predomínio do uso rural do solo com alguns elementos urbanos).



Fonte: adaptado do modelo de Bryant (Molinero, 1990)

Figura 5.30 – Representação da faixa rural-urbana ou periurbana para a Guarda

Estabeleceu-se a analogia entre os limites calculados para a definição da zona de estudo e estas coroas urbanas. Assim, a cidade concentrada corresponde ao núcleo urbano consolidado (centro da cidade) (Figura 5.26); a faixa rural-urbana interna à mancha urbana consolidada (Figura 5.6); a faixa rural-urbana externa ao perímetro urbano e área de expansão (Figura 5.10). A Figura 5.31 mostra as referidas coroas urbanas adaptadas à zona de estudo da cidade da Guarda.

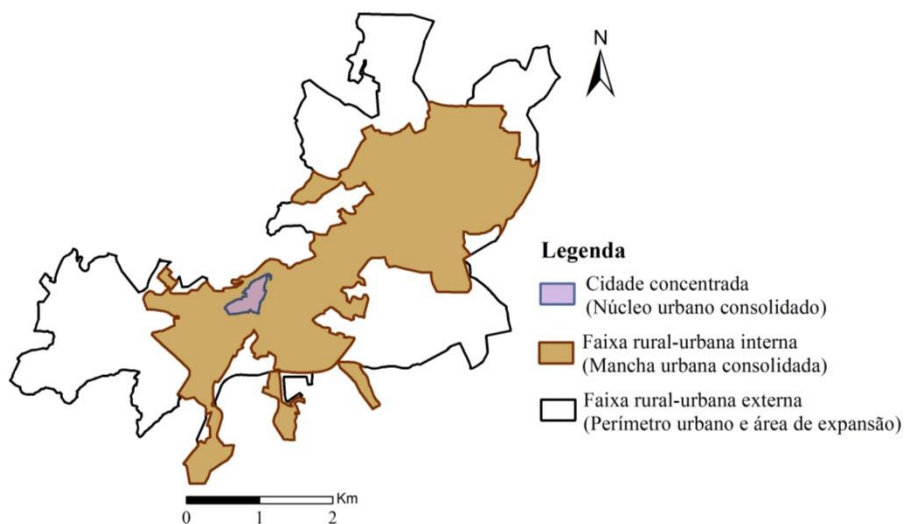


Figura 5.31 – Cidade concentrada e zona periurbana da cidade da Guarda

Na Tabela 5.10 são apresentados os valores das densidades de edifícios e de população residente para cada uma das coroas urbanas identificadas na zona de estudo.

Tabela 5.10 – Densidades de edifícios e populacional nas coroas urbanas da zona de estudo

| | Área (ha) | Densidade de edifícios (edif/ha) | Densidade populacional (hab/ha) |
|-----------------------------------|----------------------|---|--|
| Cidade concentrada | 15,00 | 26,67 edif/ha | 31,20 hab/ha |
| Faixa rural-urbana interna | 864,43 | 6,00 edif/ha | 28,90 hab/ha |
| Faixa rural-urbana externa | 958,28 | 0,57 edif/ha | 1,26 hab/ha |

A análise dos valores apresentados na Tabela 5.10 revela que a faixa rural-urbana externa corresponde a uma área urbana de densidades muito baixas, o que se justifica por possuir alguns espaços rurais, nomeadamente espaços agrícolas, com aglomerados urbanos dispersos. Dado que esta faixa inclui a potencial área de expansão urbana, os espaços rurais aí existentes poderão ser convertidos em espaços urbanos com o respetivo aumento das densidades. Além disso, a existência de áreas não-urbanas permite controlar o crescimento desorganizado e não planeado da cidade (*sprawl* urbano) em direção aos aglomerados urbanos aí existentes. A faixa rural-urbana interna apresenta maior número de edifícios por hectare e uma densidade populacional muito superior, quando comparada com a faixa externa. Conclui-se que 93,70% da população reside nesta zona urbana, a qual é ocupada por 84,61% dos edifícios construídos na zona de estudo. Estes valores justificam-se por se tratar de uma mancha urbana contínua, onde a conversão do solo para uso urbano é quase total. A primeira coroa urbana, relativa à cidade concentrada, apresenta a maior densidade de ocupação por edifícios (26,67 edif/ha), o que se explica por se tratar do núcleo urbano consolidado mais antigo da cidade e por isso ser mais densamente edificado. Comparando com a respetiva densidade de população, o número de habitantes por hectare é maior que o número de edifícios, concluindo-se que em média residem em cada edifício desta zona urbana 1,17 indivíduos. Estes valores indicam que a presença humana na zona mais antiga da cidade é pouco significativa, seguindo a tendência atual de outras cidades onde os cidadãos preferem residir fora dos centros urbanos.

5.2.5.1 Caracterização da ocupação e uso do solo na zona de estudo

Utilizou-se a Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007) disponibilizada pela Direção Geral do Território (DGT, 2007) para analisar as classes de uso e cobertura do solo presentes na zona de estudo. Além de identificar os tipos de uso e cobertura do solo, pretende-se ainda avaliar a percentagem de ocupação das diferentes coberturas na área urbana.

A partir da análise da COS2007 identificaram-se 39 classes diferentes de uso e ocupação do solo para a zona de estudo (Tabela 5.11). A grande diversidade de usos e ocupações dificulta a objetividade da análise. No sentido de simplificar, diferenciaram-se os tipos de ocupação e

uso do solo em dois grandes grupos: um relativo a solo não artificializado e outro referente ao solo artificializado. O solo não artificializado corresponde ao solo natural, como florestas e uso agrícola. Por outro lado, o solo artificializado corresponde a todas as outras classes de uso e ocupação e que representam áreas urbanizadas.

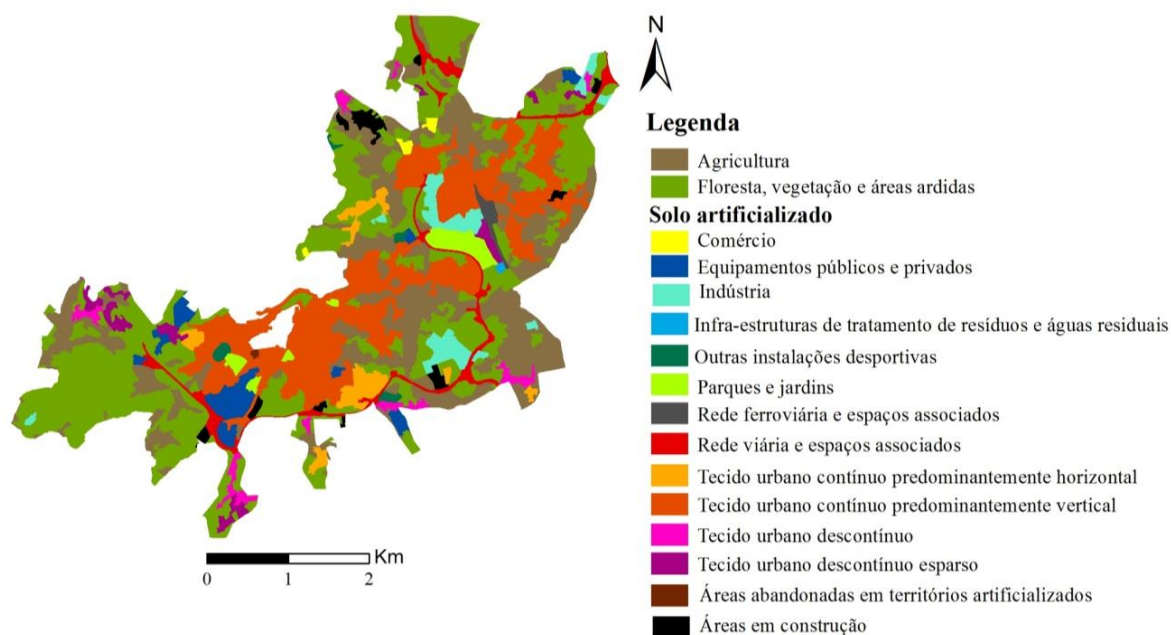
As novas classes de uso e ocupação do solo foram designadas por classes principais (Tabela 5.11), tendo sido identificadas um total de 16 classes.

Tabela 5.11 - Classes de uso e ocupação do solo existentes na zona de estudo

| Classe principal | Ocupações e uso do solo (COS 2007) |
|--|--|
| Agricultura | Agricultura com espaços naturais e seminaturais |
| | Culturas temporárias de regadio |
| | Culturas temporárias de sequeiro |
| | Culturas temporárias de sequeiro associadas a pomar |
| | Novas plantações |
| | Olivais |
| | Outros pomares |
| | Sistemas culturais e parcelares complexos |
| Floresta, Vegetação e Áreas ardidas | Florestas abertas de outros carvalhos |
| | Florestas abertas de outros carvalhos com folhosas |
| | Florestas abertas de pinheiro bravo |
| | Florestas abertas de pinheiro bravo com folhosas |
| | Florestas de eucalipto |
| | Florestas de outras folhosas |
| | Florestas de outros carvalhos |
| | Florestas de outros carvalhos com folhosas |
| | Florestas de outros carvalhos com resinosas |
| | Florestas de pinheiro bravo |
| | Florestas de pinheiro bravo com folhosas |
| | Matos densos |
| | Matos pouco densos |
| | Vegetação esparsa |
| | Vegetação herbácea natural |
| | Áreas ardidas |
| | SAF de outros carvalhos com culturas temporárias de sequeiro |
| | Tecido urbano contínuo predominantemente horizontal |
| Tecido urbano contínuo predominantemente vertical | |
| Tecido urbano descontínuo | |
| Tecido urbano descontínuo esparso | |
| Áreas abandonadas em territórios artificializados | |
| Áreas em construção | |
| Equipamentos públicos e privados | |
| Comércio | |
| Indústria | |
| Infraestruturas de tratamento de resíduos e águas residuais | |
| Parques e Jardins | |
| Outras instalações desportivas | |
| Rede ferroviária e espaços associados | |
| Rede viária e espaços associados | |

Fonte dos dados: DGT, 2007

A Figura 5.32 mostra a distribuição espacial das 16 classes de uso e ocupação do solo na zona de estudo.



Fonte dos dados: DGT, 2007

Figura 5.32 - Mapa de uso e ocupação do solo da zona de estudo (16 classes)

A Figura 5.32 mostra um modelo de ocupação do solo urbano multivariado, onde as classes de floresta, vegetação e áreas ardidas e agricultura se misturam com o tecido urbano e restante solo artificializado. O tecido urbano dispersa-se por toda a zona de estudo, sendo que o tecido urbano contínuo predomina na zona identificada como a mancha urbana consolidada e o tecido urbano descontínuo na potencial zona de expansão urbana. As respetivas áreas e percentagens de ocupação das 16 classes relativamente à área total da zona de estudo são apresentadas na Tabela 5.12.

Analisando a Tabela 5.12 conclui-se que 40,44% da área da zona de estudo corresponde a solo artificializado e 59,56% é ocupada por espaços não artificializados, pertencentes a áreas de floresta, vegetação, áreas ardidas e agricultura. Relativamente à ocupação por tecido urbano constata-se que 23,57% da ocupação do solo pertence a tecido urbano contínuo, sendo que a maior percentagem de ocupação (21,14%) cabe à classe de tecido urbano contínuo predominantemente vertical; 3,49% pertence a tecido urbano descontínuo. No total, 27,06% da área de solo da zona de estudo é ocupada por classes de tecido urbano, contínuo ou descontínuo. Para além destas, 1,40% pertence a áreas em construção. A classe de rede viária e espaços associados possui a segunda maior área de ocupação de solo artificializado (3,43%). De salientar que para esta análise apenas se considerou a rede viária referente às vias principais, uma vez que os arruamentos urbanos não integram a base cartográfica da COS2007. Em parte,

estes arruamentos estão absorvidos nas classes de tecido urbano. Ainda assim, a área ocupada pelas vias rodoviárias, a qual inclui na parte Norte da zona de estudo uma fração da autoestrada A25, é superior a qualquer outra classe de ocupação de solo artificializado, com exceção do tecido urbano predominantemente vertical. Destaca-se desta análise a maior percentagem de ocupação pertencente a solo natural, causando a fragmentação do tecido urbano; menos de 25% da ocupação é referente a tecido urbano contínuo; a grande ocupação do solo pela classe relativa à rede viária. No entanto, há que considerar que a base cartográfica usada na análise é do ano de 2007 e que estes valores atualmente podem ser diferentes.

Tabela 5.12 - Área ocupada por cada classe principal e respetiva percentagem

| Classe Principal | Área (ha) | Percentagem (%) |
|---|------------------|------------------------|
| Agricultura | 433,65 | 23,79 |
| Floresta, vegetação e áreas ardidas | 652,05 | 35,77 |
| Comércio | 5,50 | 0,30 |
| Equipamentos públicos e privados | 49,03 | 2,70 |
| Indústria | 50,63 | 2,78 |
| Infraestruturas de tratamento de resíduos e águas residuais | 1,24 | 0,07 |
| Outras instalações desportivas | 9,36 | 0,51 |
| Parques e jardins | 30,13 | 1,65 |
| Rede ferroviária e espaços associados | 9,00 | 0,49 |
| Rede viária e espaços associados | 62,49 | 3,43 |
| Tecido urbano contínuo predominantemente horizontal | 44,37 | 2,43 |
| Tecido urbano contínuo predominantemente vertical | 385,30 | 21,14 |
| Tecido urbano descontínuo | 30,55 | 1,68 |
| Tecido urbano descontínuo esporso | 32,94 | 1,81 |
| Áreas abandonadas em territórios artificializados | 0,93 | 0,05 |
| Áreas em construção | 25,54 | 1,40 |
| Total | 1822,71 | 100% |

Fonte dos dados: DGT, 2007

Com base nos dados estatísticos relativos aos Censos de 1991, 2001 e 2011, realizou-se a análise da evolução dos edifícios construídos e da evolução da população residente na zona de estudo. Para isso, calcularam-se as respetivas taxas de crescimento acumulado e de crescimento médio anual com base nas Equações 4.27 e 4.28, cujos resultados são apresentados na Tabela 5.13. A utilização do número de edifícios e não da área de construção, que seria o mais apropriado para este tipo de análise, deve-se à indisponibilidade de dados.

Tabela 5.13 – Edifícios construídos e população residente na zona de estudo

| Edifícios construídos | Até 1990 | 1991-2000 | 2001-2011 |
|--|-----------------|------------------------|------------------------|
| Número de edifícios | 3358 | 1531 | 840 |
| | Até 1990 | Até 1990 - 2000 | Até 1990 - 2011 |
| Número acumulado de edifícios | 3358 | 4889 | 5729 |
| Taxa de crescimento acumulado | | | |
| Até 1990-2000 | 45,59% | | |
| 2000-2011 | 17,18% | | |
| Até 1990-2011 | 70,61% | | |
| Taxa de crescimento médio anual | | | |
| 1990-2000 | 3,83% | | |
| 2000-2011 | 1,45% | | |
| 1990-2011 | 2,58% | | |

| População residente | 1991 | 2001 | 2011 |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Número acumulado de indivíduos | 19230 | 26593 | 26197 |
| Taxa de crescimento acumulado | | | |
| 1991-2001 | 38,29% | | |
| 2001-2011 | -1,49% | | |
| 1991-2011 | 36,23% | | |
| Taxa de crescimento médio anual | | | |
| 1991-2001 | 3,29% | | |
| 2001-2011 | -0,15% | | |
| 1991-2011 | 1,56% | | |

Fonte dos dados: INE: Censos 1991, 2001 e 2011.

Os intervalos de tempo relativos aos edifícios construídos e à população residente não coincidem por, no primeiro caso serem disponibilizados por intervalos de anos indiferenciados e na população corresponderem às épocas censitárias. No entanto, o número de anos acumulados para cada época analisada foi agrupado de modo a que esta diferença seja minimizada e assim ser possível estabelecer a respetiva comparação.

Nas Figuras 5.33 e 5.34 apresentam-se os gráficos relativos à taxa de crescimento acumulado e à taxa de crescimento médio anual para os edifícios construídos e para a população residente na zona de estudo.

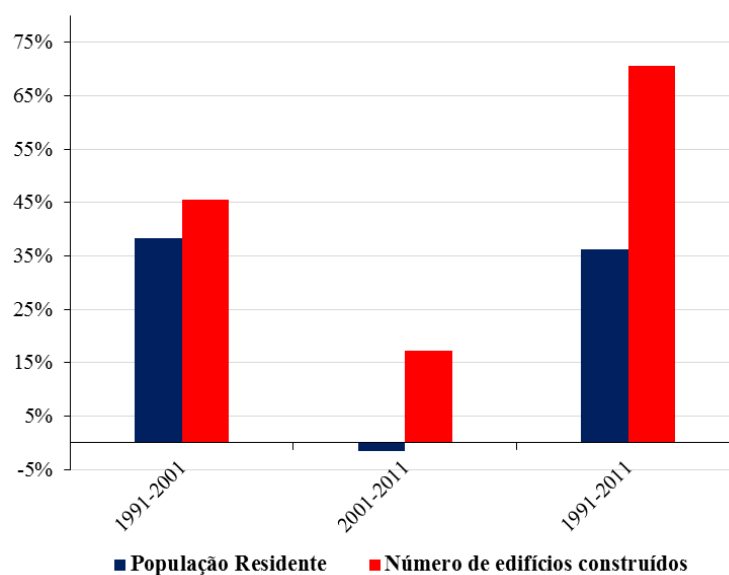


Figura 5.33 – Taxa de crescimento acumulado para os edifícios construídos e para a população residente na zona de estudo

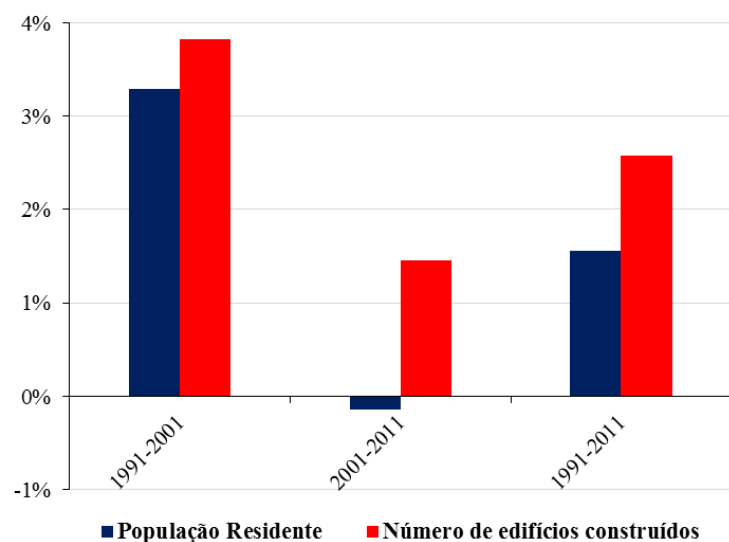


Figura 5.34 – Taxa de crescimento médio anual para os edifícios construídos e para a população residente na zona de estudo

De um modo geral, conclui-se pela análise das Figuras 5.33 e 5.34 que o crescimento do número de construções é sempre superior ao crescimento da população, para qualquer das épocas. O período 2001-2011 evidencia diferenças contrastantes, com taxas de crescimento contrárias, negativas para a população e positivas para a construção. Estes valores indicam um período crítico na gestão do solo urbano, sem planeamento adequado, existindo forte investimento na construção e na sua propagação pela zona urbana, sem considerar as taxas demográficas.

Conclui-se que a afetação do solo para novas construções supera o crescimento da população, evidenciando uma zona urbana dispersa e de baixa densidade, com grande consumo de solo e caracterizada por *sprawl* urbano (EEA, 2006). Assim, é importante desenvolver políticas urbanas de gestão sustentável, de modo a conter o consumo do solo urbano, mitigando e invertendo a situação.

5.3 APLICAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Como referido, o modelo de análise multicritério foi aplicado à zona de estudo identificada para a cidade da Guarda, onde é possível reconhecer diversas fragilidades relacionadas com o modelo de crescimento urbano da cidade. O cálculo do IEUS, ao analisar o modelo de expansão urbana, possibilita a identificação de fragilidades relacionadas com o desenvolvimento urbano no contexto do propósito proposto para esta Tese. Como exposto, a zona de estudo está compreendida entre o limite do núcleo urbano consolidado e o perímetro urbano da cidade. A aplicação do modelo integra diferentes etapas, as quais são apresentadas ao longo desta Secção.

5.3.2 Recolha de dados

O processo de cálculo do IEUS foi precedido pela recolha de dados provenientes de diversas fontes. A seleção dos dados a recolher relacionou-se diretamente com o cálculo dos critérios do quarto e do terceiro níveis hierárquicos do modelo de análise multicritério, ou seja, os subindicadores e os indicadores de desenvolvimento sustentável, respetivamente.

Dado o número elevado de critérios que compõem o modelo de análise multicritério e também a multiplicidade de objetivos e dados necessários para o seu cálculo, esta etapa foi bastante demorada, obrigando a percorrer diversas entidades responsáveis pela informação necessária. Foram ainda distribuídos inquéritos a habitantes da cidade da Guarda e a empresas com sede na Guarda. Os inquéritos foram preenchidos por consulta *online* e também presencialmente. Dependendo da natureza do critério a calcular, recolheram-se dados de índole espacial e/ou geográfica, dados estatísticos, dados numéricos, entre outros.

Na Tabela 5.14 apresenta-se a síntese dos dados de base usados para o cálculo dos critérios, respetivas fontes e ano a que dizem respeito.

Foi também necessário referenciar toda a informação geográfica no mesmo sistema cartográfico, tendo-se optado pelo sistema de referência cartográfica PT-TM06-ETRS89, pelo que em várias situações houve necessidade de proceder à georreferenciação ou transformação de coordenadas entre sistemas de referência.

Tabela 5.14 – Síntese dos dados usados e respetivas fontes

| Natureza dos dados | Dados de base | Ano | Fonte |
|---------------------------------|---|---------------------------------------|--|
| Espacial e/ou geográfica | Cartografia Urbana 1:2000 | 2004 | Câmara Municipal da Guarda |
| | Planta de Ordenamento | 1994 | Plano Diretor Municipal da Guarda |
| | Planta de Condicionantes | 1994 | Plano Diretor Municipal da Guarda |
| | Subsecções estatísticas | 2011 | Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI2011), Instituto Nacional de Estatística |
| | Carta de Uso e Ocupação do Solo para Portugal Continental (COS) | 2007 | Direção Geral do Território |
| | Ferrovias | 1997 | Atlas do Ambiente Digital |
| | Vias principais | 2014 | <i>Open Street Map</i> |
| | Divisão Administrativa de Freguesias | 2014 | Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), Direção Geral do Território |
| | Modelo Digital de Terreno | 2009 | ESRI Portugal |
| | Áreas Protegidas | 2013 | Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) |
| | Rede Pública de Abastecimento de Água | 2007 | Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Guarda |
| | Rede de Esgoto | 2007 | Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Guarda |
| | Estatísticos | Censos | 2011 |
| Numéricos | Acidentes de viação | 2011; 2012; 2013; 2014 | Polícia de Segurança Pública – Esquadra de Trânsito da Guarda |
| | Criminalidade | 2011; 2012; 2013; 2014 | Polícia de Segurança Pública – Comando Distrital da Guarda |
| | Relatório e Contas | 2014 | Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Guarda |
| | Relatório e Contas | 2014 | Câmara Municipal da Guarda |
| | Relatório e Contas | 2014 | Águas do Zêzere e Côa |
| | Transporte públicos urbanos | 2015 | Transdev – Transportes Públicos Urbanos da Guarda |
| | Poluentes atmosféricos | 2013 | Laboratório de Monitorização e Investigação Ambiental, Instituto Politécnico da Guarda |
| | Resultados eleitorais | 2006; 2009; 2011; 2013 | Comissão Nacional de Eleições |
| | Consumo de combustível | 2011; 2012; 2013; 2015 | PORDATA (www.pordata.pt) |
| | Outros | Vulnerabilidades e acidentes naturais | 2013 |
| Legislação | | | Várias |
| Inquérito | | 2015; 2016 | População residente na cidade da Guarda |
| Inquérito | | 2015; 2016 | Empresas com sede na cidade da Guarda |
| Localização dos Oleões | | 2015 | Câmara Municipal da Guarda |

5.3.3 Cálculo dos critérios do 3.º nível e do 4.º nível da estrutura hierárquica

O cálculo dos indicadores e dos subindicadores de desenvolvimento sustentável baseou-se na metodologia apresentada ao longo da Secção 4.3 do Capítulo IV, bem como na descrição e nos objetivos expostos no Capítulo III para cada um dos critérios.

Por inexistência de alguns dados relativos à cidade da Guarda, não foi possível calcular alguns dos indicadores ou subindicadores que compõem o modelo de análise multicritério. Por conseguinte, estes critérios não foram usados na determinação do IEUS para a zona de estudo da cidade da Guarda.

Utilizaram-se ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica e folha de cálculo Excel na realização da análise espacial e do respetivo cálculo. Foi usada como unidade mínima territorial a subsecção estatística (INE, 2012), a qual suportou a análise espacial desenvolvida.

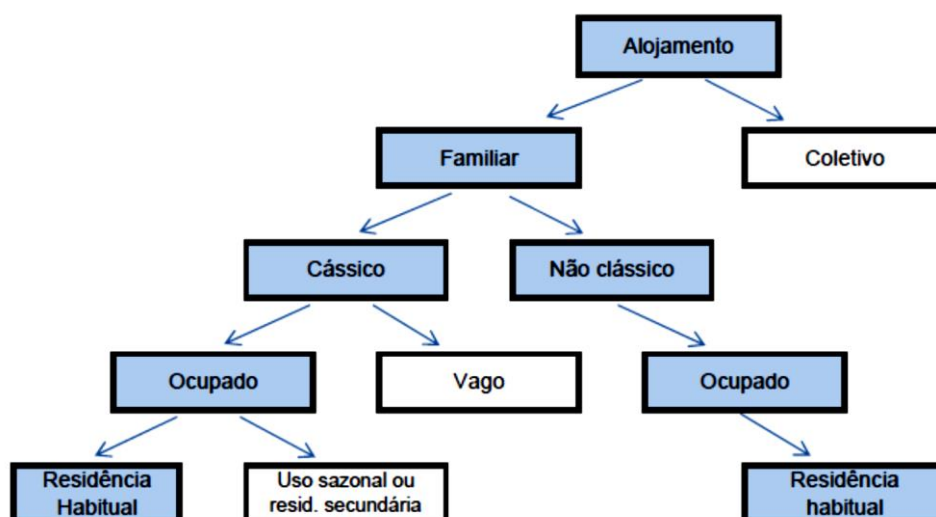
De seguida expõe-se a análise efetuada, referente a cada um dos critérios destes dois níveis hierárquicos. A exposição segue a ordem de integração dos critérios no modelo de análise multicritério. Assim, cada critério é precedido pelo respetivo identificador (ID).

DI.1.1.1 Condições de habitação

Pretende-se calcular a percentagem de população que, no mínimo tem a falta de um dos serviços. Isto é, basta que falte um dos serviços para que, segundo a definição do subindicador, se considere que a habitação não possui as condições adequadas.

Para a análise deste subindicador foram considerados os dados relativos a habitações com falta de água, esgoto e acesso a instalações sanitárias. Quanto à classificação da qualidade da habitação (suficiente, não lotada, etc.) não existem dados disponíveis para a cidade da Guarda. Atendendo a que este critério se insere no *Domínio DI Dispersão e forma do crescimento urbano*, cujo objetivo é estudar a morfologia urbana e o modelo de expansão, consideram-se como dados mais importantes para o calcular, quando aplicado a um caso de estudo, o acesso à água potável, a esgoto e a instalações sanitárias. Estes dados permitem ainda perceber a extensão das respetivas redes e disponibilidade dos serviços à população. Por conseguinte, entende-se que o seu cálculo é válido mesmo sem os dados em falta, respeitantes à qualidade da habitação.

Foram consultados os dados estatísticos do INE referentes aos Censos de 2011 no sentido de selecionar a informação a utilizar. Verificou-se que a informação relevante diz respeito à unidade estatística Alojamento. A Figura 5.35 apresenta a síntese das variáveis hierárquicas desta unidade estatística (INE, 2013b).



Fonte: INE, 2013b

Figura 5.35 – Variáveis hierárquicas da unidade estatística Alojamento

De acordo com a definição de INE (2013b), Alojamento é um local distinto e independente que se destina a habitação, com a condição de não estar a ser utilizado totalmente para outros fins. Entende-se por *distinto* como sendo cercado por paredes de tipo clássico ou de outro tipo, coberto e que permita que uma pessoa ou um grupo de pessoas possa dormir, preparar refeições ou abrigar-se das intempéries, separado de outros membros da coletividade; por *independente* entende-se que os seus ocupantes não têm que atravessar outros alojamentos para entrar ou sair do alojamento onde habitam. Alojamento coletivo destina-se a albergar um grupo numeroso de pessoas ou mais de uma família, ocupado ou não por uma ou mais pessoas, independentemente de serem residentes ou apenas presentes (INE, 2013b). Inserem-se neste tipo de alojamento os hotéis, as prisões, os lares, os hospitais, entre outros (INE, 2012). Alojamento familiar normalmente destina-se a alojar apenas uma família e não é totalmente utilizado para outros fins. O alojamento familiar clássico é constituído por uma divisão ou conjunto de divisões e seus anexos num edifício de carácter permanente ou numa parte estruturalmente distinta do edifício, devendo ter uma entrada independente (INE, 2013b). Alojamento familiar não clássico é todo aquele que não satisfaz inteiramente as condições do alojamento familiar clássico pelo tipo de precariedade da construção, porque é móvel, improvisado e não foi construído para habitação mas funciona como residência habitual de pelo menos uma família. Refere-se, por exemplo, às modalidades barraca e casa rudimentar de madeira INE (2012, 2013b). Alojamento familiar ocupado afeto à habitação de uma ou mais famílias de forma habitual ou como residência secundária. Alojamento familiar de residência habitual é aquele que estando ocupado, constitui a residência habitual ou principal de pelo

menos uma família. Quanto ao alojamento familiar ocupado de residência secundária é aquele que apenas é utilizado periodicamente e no qual ninguém tem residência habitual. O alojamento familiar vago está disponível para venda, arrendamento, demolição ou outra situação (INE, 2013b). De referir que todas estas definições e considerações dizem respeito ao momento de referência dos Censos.

Atendendo às definições apresentadas e considerando que apenas interessa estudar a população residente, conclui-se que as variáveis relevantes para o cálculo deste subindicador dizem respeito a alojamento familiar clássico e não clássico ocupado e que seja residência habitual, designado por `N_Alojamentos_Res_Habitual` na base de dados estatísticos disponibilizada pelo INE e relativa aos Censos de 2011. Os valores associados a este campo da base de dados estatísticos correspondem à soma dos valores relativos ao número de alojamentos familiares não clássico (`N_Alojamentos_Fam_N_Classicos`) e os valores referentes ao número de alojamentos familiares clássico que são residência habitual (`N_Classicos_Res_Habitual`).

Da análise dos dados estatísticos relativos à zona de estudo verifica-se que existem 9634 alojamentos familiares que são residência habitual. Destes, 5 são alojamentos familiares não clássicos que são residência habitual e 9629 são alojamentos familiares clássicos que são residência habitual.

Os dados relativos às condições da habitação, nomeadamente a existência de sistema de abastecimento de água, instalações sanitárias, sistema de drenagem de águas residuais e instalação de banho ou duche, correspondem a variáveis observadas para a unidade estatística Alojamento. Na base de dados do INE, e relativos ao Censos de 2011, estas variáveis dizem respeito aos seguintes campos: `N_Res_Habitual_Com_Agua`, `N_Res_Habitual_Com_Retrete`, `N_Res_Habitual_Com_Esgotos`, `N_Res_Habitual_Com_Banho`, referentes ao número de residências habitual com água, retrete, esgoto e banho. Após a análise dos dados estatísticos (INE, 2012) verificou-se que 9606 alojamentos que são residência habitual têm água e retrete, 9618 têm esgoto e 9558 têm casa de banho.

Uma vez que se pretende identificar as residências habitual que não têm pelo menos um dos serviços mencionados, evidenciando carências habitacionais, calculou-se o valor mínimo relativo ao número de residências habitual com água, retrete, esgotos e banho. Os valores destes campos indicam o número de residências que têm os respetivos serviços para cada subsecção estatística. Logo, o valor mínimo indica o número de residências habitual que têm a totalidade dos quatro serviços, ou seja, cumprem com as condições de habitabilidade, de acordo com o INE aquando dos Censos de 2011.

O cálculo do número de residências habitual para cada subsecção estatística da zona de estudo, que não dispõem de pelo menos um dos serviços baseou-se na Equação 4.1. Resulta que 76 alojamentos familiares que são residência habitual têm falta de pelo menos um dos serviços referidos, ou seja, não cumprem as condições de habitabilidade consideradas necessárias. A Figura 5.36 mostra a distribuição espacial das subsecções estatísticas onde existem alojamentos que são residência habitual e que não cumprem com as condições de habitabilidade.

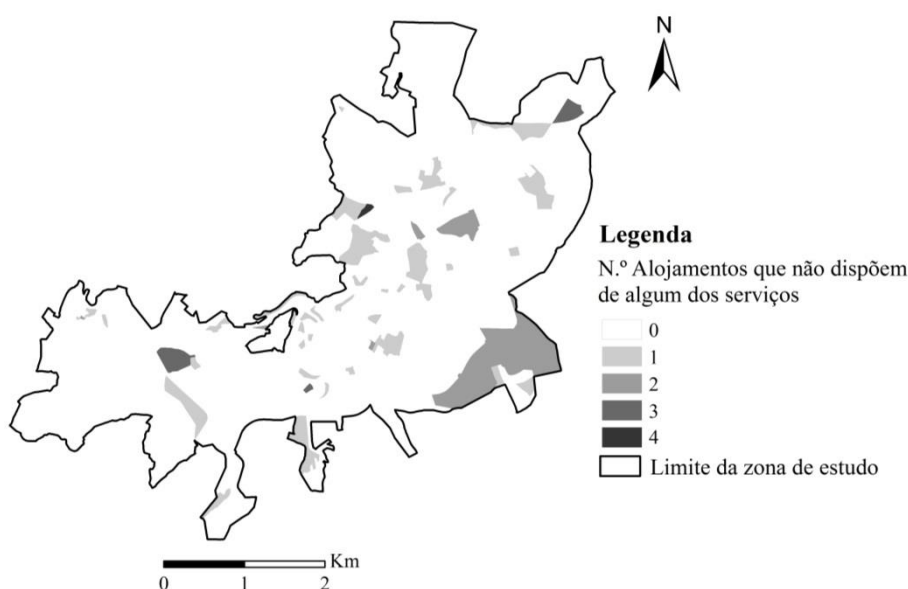


Figura 5.36 – Alojamentos que são residência habitual com falta de algum serviço, por subsecção estatística

Considerando que a unidade de medida deste subindicador é referente a valores populacionais afetados pela falta de um destes serviços, sendo os dados disponíveis relativos ao número de residências habitual por cada subsecção estatística, a conversão entre estas duas unidades baseou-se na relação de proporcionalidade expressa pela Equação 4.2. A aplicação da Equação 4.3 permite ainda calcular a percentagem de população por cada subsecção estatística afetada dentro da zona de estudo. A Figura 5.37 mostra a distribuição espacial do resultado obtido. De referir que no cálculo apresentado se considerou que a população está igualmente distribuída pelos alojamentos existentes na respetiva unidade territorial estatística, uma vez que os dados não permitem distinguir o verdadeiro número de indivíduos por cada habitação.

A percentagem total de população residente na zona de estudo da cidade da Guarda sem as condições habitacionais mencionadas é de 0,76%, tendo este cálculo sido baseado na Equação 4.4. Atendendo ao baixo valor percentual encontrado, pode concluir-se que as condições de habitação, no contexto das medidas avaliadas, são boas.

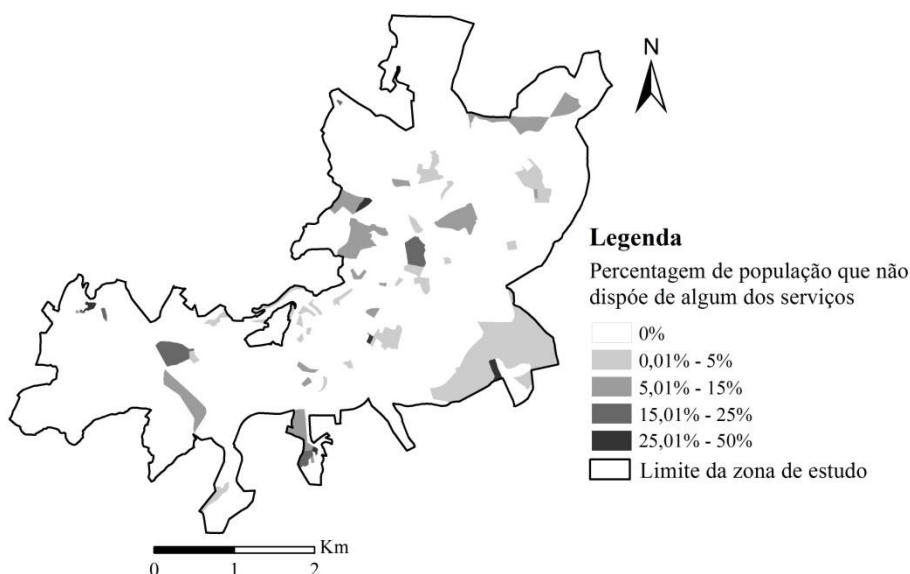


Figura 5.37 – Percentagem de população, por subsecção estatística, sem condições de habitação

De acordo com informação do SMAS da Guarda existe a possibilidade de algumas áreas não estarem servidas por infraestruturas de distribuição de água ou rede de esgoto por serem zonas isoladas.

DI.1.1.2 Desemprego

A análise deste subindicador baseou-se nos dados estatísticos dos Censos de 2011 (INE, 2012), em particular no número de indivíduos residentes desempregados ou à procura de novo emprego referente ao código N_Ind_Resid_Desemp_Proc_Empreg.

Foi realizado o estudo ao nível da subsecção estatística apoiado na Equação 4.5, cuja distribuição espacial da respetiva percentagem de desempregados por unidade territorial é apresentada na Figura 5.38.

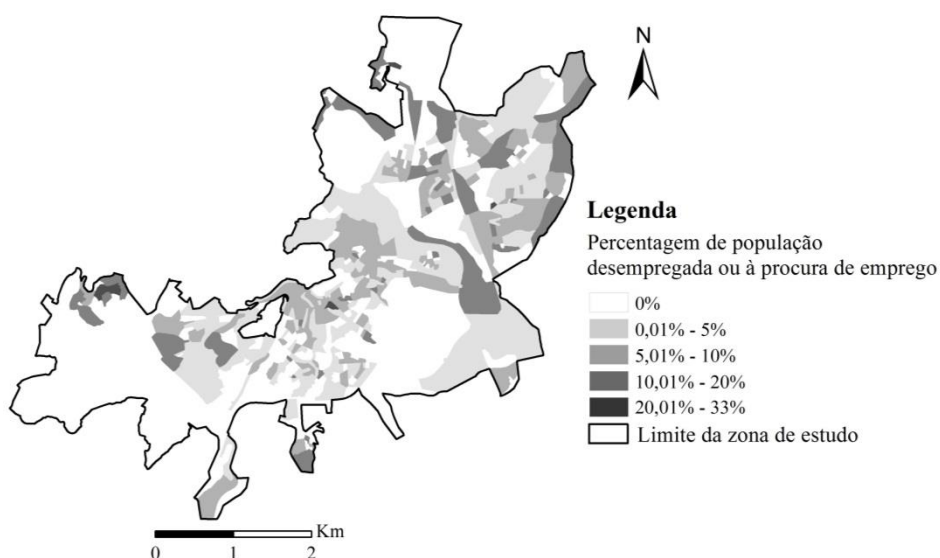


Figura 5.38 – Percentagem de população desempregada na zona de estudo

O valor de zero pontos percentuais apresentados na Figura 5.38, para as respetivas subsecções estatísticas, pode corresponder a duas situações: a população residente não se encontra em situação de desemprego, ou não haverem residentes. Pela análise da Figura 5.38 e de acordo com os dados estatísticos usados, relativos ao ano de 2011, conclui-se que grande parte da zona de estudo inclui população residente desempregada ou à procura de emprego.

Para toda a zona de estudo existem 1419 indivíduos em situação de desemprego ou à procura de emprego, o que corresponde a 5,42% da população residente (Equação 4.6).

DI.1.1.3 Acesso à educação

A cidade da Guarda é servida por estabelecimentos de ensino, públicos e particulares, de todos os níveis de formação desde o ensino básico, secundário e superior. Neste contexto, toda a população tem a oportunidade de acesso à educação. No entanto, poderá existir uma percentagem de população que não sabe ler nem escrever ou não concluiu algum nível de ensino.

O cálculo deste subindicador baseou-se nas Equações 4.7, 4.8 e 4.9 apresentadas na Secção 4.3 do Capítulo IV, atendendo aos respetivos dados estatísticos relativos à população com mais de 10 anos. A Tabela 5.15 mostra os respetivos resultados referentes à zona de estudo.

Tabela 5.15 – Resultados estatísticos do acesso à educação da população residente

| | N.º Indivíduos |
|--|-----------------------|
| População total que completou algum nível de ensino | 22193 |
| População total com mais de 10 anos | 23516 |
| População total que não concluiu algum nível de ensino | 1323 |
| Percentagem de população com mais de 10 anos com falta de acesso à educação | 5,63% |

Fonte dos dados: Censos 2011 (INE, 2012)

A Figura 5.39 mostra a percentagem de população com mais de 10 anos com falta de acesso à educação, por unidade territorial.

Da análise da Figura 5.39 constata-se que em 34,5% da área relativa à zona de estudo a percentagem de população com mais de 10 anos sem acesso à educação é igual a zero e que em 47% essa percentagem é maior que zero e menor ou igual que 10%. Apenas em uma subsecção estatística a percentagem de população sem acesso à educação é de 100%.

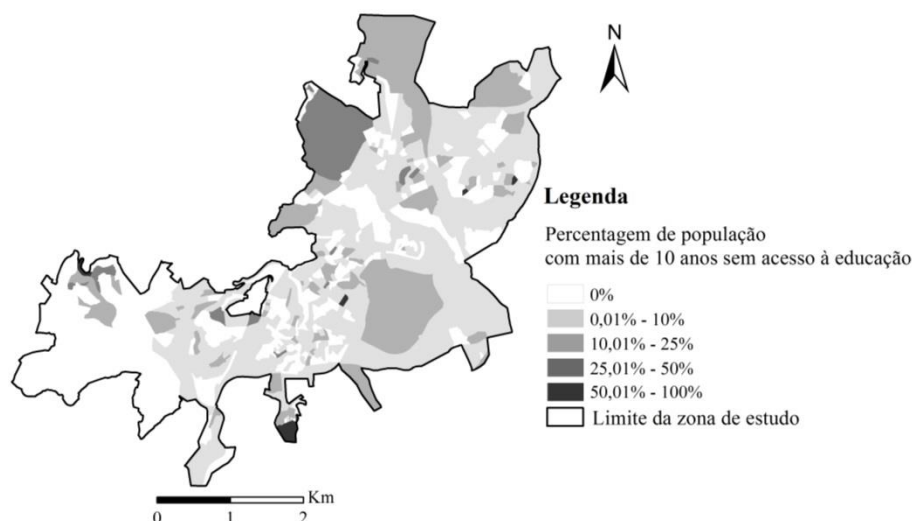


Figura 5.39 – Percentagem de população com mais de 10 anos com falta de acesso à educação

DI.1.1.4 Informação

Não foi possível obter dados concretos para o cálculo deste subindicador, de forma a obter-se um valor real. Em consequência realizou-se uma análise empírica do mesmo.

Atendendo às características da zona urbana em análise, mesmo que um indivíduo não possua qualquer dispositivo que lhe permita aceder às novas tecnologias, a cidade dispõe de locais, nomeadamente bibliotecas públicas, onde estão disponíveis recursos tecnológicos que podem ser usados por quem os solicite. Além disso, outros espaços públicos como cafés e centro comercial permitem o acesso a rede de internet. Nesta conjuntura, considera-se que grande parte da população tem acesso a este tipo de serviços. No entanto, considerando eventuais tipos de falhas ou indisponibilidade dos serviços de informação em alguns locais da zona de estudo, uma parte da população ficará impedida de os usar. Neste contexto, e para efeitos de cálculo do indicador, o valor percentual considerado é de 95% de população com acesso a serviços de informação. Contudo, entende-se que este subindicador não é um fator diferenciador na análise do caso de estudo.

DI.1.1.5 Exercício

Não foi possível obter dados de modo a calcular este subindicador. Por conseguinte, o mesmo não será associado para o cálculo do indicador “Justiça social”. De salientar, no entanto, que a cidade possui equipamentos desportivos, quer sejam ginásios ou espaços públicos com infraestruturas para a prática de desporto ao ar livre. Existem também coletividades desportivas onde os cidadãos podem praticar a atividade desportiva.

DI.1.1.6 Lazer

À semelhança do subindicador anterior, não foi possível o cálculo deste subindicador por falta de dados. Atendendo à respetiva definição, constata-se que a cidade da Guarda dispõe de equipamentos de lazer, como salas de cinema, salas para teatro e concertos musicais. No entanto, de um modo geral, não estão disponíveis de forma gratuita.

DI.2.1.1 Acidentes rodoviários

De forma a ser possível o cálculo deste subindicador, foram solicitados à Esquadra de Trânsito da Polícia de Segurança Pública da cidade da Guarda dados respeitantes a acidentes rodoviários ocorridos dentro da zona urbana. Relativamente à área de intervenção desta unidade da Polícia de Segurança Pública, a localidade Cubo e área envolvente não está incluída, pertencendo ao domínio da Guarda Nacional Republicana (GNR). Quer dizer que, segundo estas duas unidades policiais esta zona está fora do limite urbano por elas definido. Consequentemente, os respetivos dados não entraram no cálculo deste subindicador. Contudo, optou-se por não consultar a GNR por se tratar de uma área pequena relativamente à totalidade da zona urbana e por esse motivo entender-se que não teria influência significativa para o resultado final.

Os dados cedidos pela Esquadra de Trânsito da Polícia de Segurança Pública da Guarda e usados para o cálculo dizem respeito ao período de 01-01-2011 a 30-12-2014, respetiva hora do acidente, tipo de ocorrência, número de mortes, feridos graves, feridos ligeiros, danos materiais, freguesia e identificação da rua em que ocorreu o acidente. O uso de dados relativos a 4 anos permite uma análise com maior consistência, possibilitando o cálculo do respetivo valor médio anual. Na Tabela 5.16 apresenta-se o resumo dos acidentes ocorridos durante os 4 anos, de 2011 a 2014, tipo de ocorrência, danos humanos e danos materiais.

Analisando os valores apresentados na Tabela 5.16 verifica-se que ao longo dos 4 anos ocorreram 1133 acidentes, dos quais resultaram 4 mortos, 27 feridos graves, 246 feridos ligeiros, 921 com danos materiais e sem vítimas humanas. Foram ainda calculados os respetivos valores médios anual, por aplicação da Equação 4.13, e cujos resultados são também apresentados na Tabela 5.16.

Para o cálculo da percentagem de população afetada por acidentes rodoviários, considerou-se o número de vítimas humanas, ou seja, os valores correspondentes a mortes e feridos, uma vez que os referentes a danos apenas representam perdas materiais. Apesar de envolverem custos pessoais, não devem ser contabilizados para o cálculo deste critério por não se incluírem na definição do mesmo. Deste modo, para o cálculo da percentagem de população afetada por acidentes rodoviários usou-se a Equação 4.14, considerando a soma dos valores

médios de mortos, feridos graves e feridos ligeiros. Resulta que o valor percentual médio anual da população afetada por acidentes rodoviários para os 4 anos analisados é de 0,26%, correspondendo à média anual de 69,25 vítimas humanas para a média anual de 283,25 ocorrências. Perante estes valores pode concluir-se que existe uma baixa percentagem de população afetada por acidentes rodoviários na zona de estudo, mas ainda assim a lamentar.

Tabela 5.16 – Acidentes rodoviários ocorridos de 2011 a 2014 na zona urbana da Guarda

2011

| Tipo Ocorrência | N.º Ocorrências | N.º Mortos | N.º Feridos Graves | N.º Feridos Ligeiros | Com Danos |
|-----------------|-----------------|------------|--------------------|----------------------|------------|
| Despiste | 50 | 0 | 1 | 24 | 27 |
| Colisão | 248 | 0 | 0 | 23 | 231 |
| Atropelamento | 22 | 0 | 4 | 19 | 0 |
| Total | 320 | 0 | 5 | 66 | 258 |

2012

| Tipo Ocorrência | N.º Ocorrências | N.º Mortos | N.º Feridos Graves | N.º Feridos Ligeiros | Com Danos |
|-----------------|-----------------|------------|--------------------|----------------------|------------|
| Despiste | 34 | 0 | 3 | 14 | 21 |
| Colisão | 237 | 1 | 7 | 38 | 213 |
| Atropelamento | 13 | 0 | 2 | 11 | 1 |
| Total | 284 | 1 | 12 | 63 | 235 |

2013

| Tipo Ocorrência | N.º Ocorrências | N.º Mortos | N.º Feridos Graves | N.º Feridos Ligeiros | Com Danos |
|-----------------|-----------------|------------|--------------------|----------------------|------------|
| Despiste | 32 | 0 | 1 | 23 | 16 |
| Colisão | 238 | 2 | 1 | 19 | 220 |
| Atropelamento | 13 | 0 | 2 | 10 | 2 |
| Total | 283 | 2 | 4 | 52 | 238 |

2014

| Tipo Ocorrência | N.º Ocorrências | N.º Mortos | N.º Feridos Graves | N.º Feridos Ligeiros | Com Danos |
|-----------------|-----------------|------------|--------------------|----------------------|------------|
| Despiste | 38 | 1 | 1 | 20 | 21 |
| Colisão | 189 | 0 | 1 | 32 | 166 |
| Atropelamento | 19 | 0 | 4 | 13 | 3 |
| Total | 246 | 1 | 6 | 65 | 190 |

| | | | | | |
|--------------------------|---------------|----------|-------------|--------------|---------------|
| Total Global | 1133 | 4 | 27 | 246 | 921 |
| Valor Médio Anual | 283,25 | 1 | 6,75 | 61,50 | 230,25 |

Fonte: Esquadra de Trânsito da Polícia de Segurança Pública da Guarda

DI.2.1.2 Crime

Para calcular este subindicador foram solicitados à Polícia de Segurança Pública (PSP) da Guarda dados relativos a crimes ocorridos na cidade. De modo a garantir a coerência com a análise realizada no subindicador relativo aos acidentes rodoviários, foi considerado o mesmo período temporal para os respetivos dados, ou seja, os crimes ocorridos nos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014. Estes dados correspondem à mesma área urbana do subindicador referente aos

acidentes rodoviários. A Tabela 5.17 mostra os dados cedidos pela Polícia de Segurança Pública (PSP) da Guarda respeitantes aos crimes ocorridos na cidade durante os anos mencionados.

Tabela 5.17 – Crimes ocorridos de 2011 a 2014 na zona urbana da Guarda

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Total |
|--|------|------|------|------|-------------|
| Roubos por esticção | 6 | 6 | 5 | 3 | 20 |
| Roubo a pessoas na via pública (exceto esticção) | 5 | 9 | 9 | 3 | 26 |
| Furtos | 294 | 231 | 151 | 114 | 790 |
| Violação | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Homicídios intencionais | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Criminalidade total na cidade da Guarda | 648 | 606 | 460 | 436 | 2150 |

Fonte: Polícia de Segurança Pública (PSP) da Guarda

A criminalidade total ocorrida na cidade da Guarda, apresentada na Tabela 5.17, corresponde a pequenos delitos, conforme a informação cedida pela PSP. Analisando os valores, verifica-se que a criminalidade na cidade diminuiu no período analisado, sendo que os furtos são o tipo de crime com maior incidência.

Conforme definido no Capítulo III, este subindicador mede a percentagem de população afetada por crimes, especificamente homicídios intencionais e crimes violentos como, assalto, violação e roubo. Assim, de modo a calcular o subindicador consideraram-se os valores referentes a roubos por esticção, roubo a pessoas na via pública, furtos, violação e homicídios intencionais. Calculou-se o valor total de crimes violentos ocorridos em cada ano, bem como o valor médio anual aplicando a Equação 4.15. A Tabela 5.18 mostra os resultados.

Tabela 5.18 – Total de crimes violentos ocorridos na zona urbana da Guarda

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------------------------|------|------|------|---------------|
| Total de crimes ocorridos | 306 | 247 | 165 | 120 |
| Total Global | | | | 838 |
| Valor Médio Anual | | | | 209,50 |

Pela análise da Tabela 5.18 conclui-se que ao longo dos 4 anos ocorreram 838 crimes graves, com uma média anual de incidência de 209,50 crimes por ano. Com base na Equação 4.16 calculou-se a percentagem de população afetada gravemente por crimes, tendo resultado que em média anualmente 0,80% da população é afetada por algum crime violento. Atendendo a este resultado, conclui-se que uma pequena percentagem de população da Guarda é afetada anualmente pela falta de segurança.

DI.2.2 Participação do cidadão

Para o cálculo deste indicador de desenvolvimento sustentável foram considerados dados respeitantes à participação dos cidadãos nas eleições e também a participação em associações locais.

Os dados relativos aos resultados eleitorais foram obtidos por consulta *online* na página eletrónica da Comissão Nacional de Eleições (consulta realizada a 27-08-2015). Foram selecionados dados relativos às eleições Autárquicas de 2009 e 2013, Legislativas de 2009 e 2011 e Presidenciais de 2006 e 2011. Deste modo, foi possível fazer a análise temporal da participação dos cidadãos em diferentes momentos e géneros eleitorais. A Tabela 5.19 apresenta os dados eleitorais pesquisados.

Tabela 5.19 – Número de inscritos e votantes em eleições nas Freguesias da zona de estudo

| Momentos eleitorais | Inscritos | Votantes |
|----------------------------|------------------|-----------------|
| Presidenciais 2006 | 20470 | 13272 |
| Autárquicas 2009 | 22758 | 13167 |
| Legislativas 2009 | 22765 | 14306 |
| Presidenciais 2011 | 23417 | 10414 |
| Legislativas 2011 | 23624 | 14496 |
| Autárquicas 2013 | 24341 | 13319 |

Fonte: Comissão Nacional de Eleições (consulta realizada a 27-08-2015)

Conforme apresentado na Figura 5.40, a zona de estudo está integrada nas Freguesias da Guarda, Arrifana e Maçainhas. A Freguesia da Guarda resultou da União das Freguesias de Guarda - São Vicente, Guarda - Sé e São Miguel da Guarda, de acordo com a nova Divisão Administrativa aplicada em 2012.

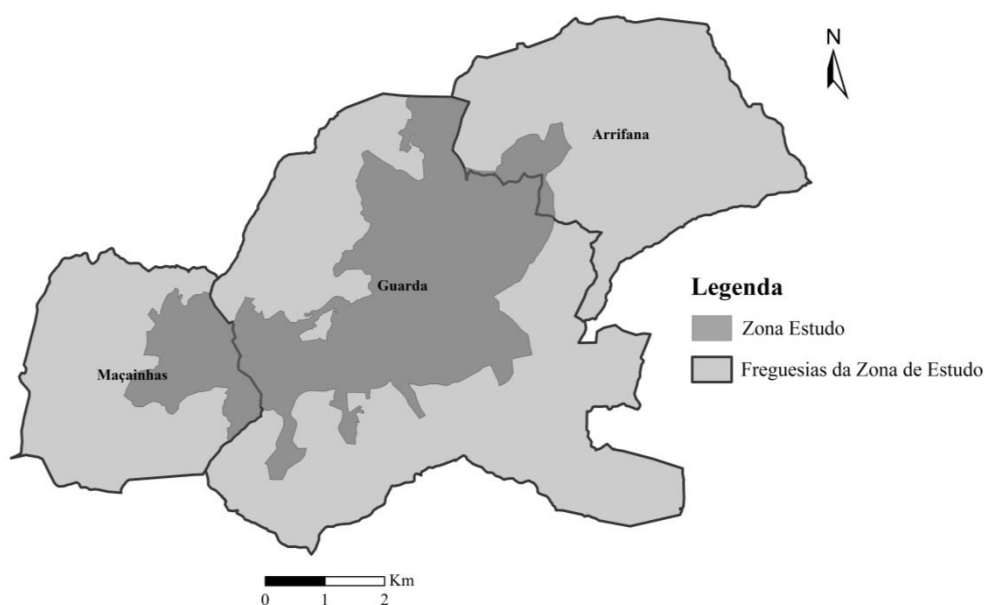


Figura 5.40 - Freguesias onde se integra a zona de estudo

Dado que a unidade administrativa mínima dos resultados eleitorais corresponde à Freguesia, o número de inscritos e votantes relatados dizem respeito a esta unidade territorial e não apenas ao limite da zona de estudo. Sendo a área territorial relativa aos limites das Freguesias maior que a da zona de estudo é possível que os valores falhem por excesso. De forma a contornar esta questão, calculou-se a relação de proporcionalidade entre a população residente na zona de estudo e nas referidas Freguesias, considerando os dados estatísticos dos Censos de 2011 (INE, 2012). Atendendo que residem 26197 indivíduos na zona de estudo e 28307 nas Freguesias indicadas, o fator de proporcionalidade resultante é de 0,9254. Em consequência, foram calculados os novos valores de inscritos e votantes ajustados à zona de estudo, para cada uma das eleições consideradas. Considerando a Equação 4.17, foram também calculadas para cada uma das datas e respetivo género de eleição, as respetivas percentagens de população votante relativamente aos inscritos. A Tabela 5.20 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5.20 - Número de inscritos e votantes em eleições na zona de estudo

| Momentos eleitorais | Inscritos | Votantes | Perc_Votos |
|----------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Presidenciais 2006 | 18943 | 12282 | 64,84% |
| Autárquicas 2009 | 21060 | 12185 | 57,86% |
| Legislativas 2009 | 21067 | 13239 | 62,84% |
| Presidenciais 2011 | 21670 | 9637 | 44,47% |
| Legislativas 2011 | 21862 | 13415 | 61,36% |
| Autárquicas 2013 | 22525 | 12325 | 54,72% |

Considerando os valores da Tabela 5.20 e por aplicação da Equação 4.18, conclui-se que a percentagem de população que vota relativamente aos inscritos para todas as épocas eleitorais analisadas é de 57,68%.

A componente relativa à participação na vida associativa foi calculada com base nos dados extraídos dos inquéritos realizados à população residente na zona de estudo, cujos resultados podem ser consultados no Anexo D. Das 104 respostas obtidas, 24 responderam afirmativamente à questão “*Algum dos elementos do agregado familiar é membro ativo de algum tipo de Associação/Coletividade?*”. Este valor equivale a 23,1% das respostas obtidas. Quanto ao número de elementos por agregado familiar que participa nestas coletividades, obteve-se o somatório de 36. Atendendo ao valor da amostra (104) resulta que 34,62% da população participa de forma ativa em alguma Associação/Coletividade.

Com base na Equação 4.19 calculou-se o valor máximo ponderado pelas respetivas percentagens de participação, em coletividades e eleições, resultando que:

$$\begin{aligned}
 S_p &= \max(26197 \times 0,3462, \quad 21188 \times 0,5768) = \\
 &= \max(9069,40, 12221,24) = 12221,24
 \end{aligned}$$

Finalmente, usando a Equação 4.20 conclui-se que a percentagem de população participante para a zona de estudo é de 46,65%.

Atendendo aos dados analisados e de acordo com a formulação do indicador, constata-se que a percentagem de participação do cidadão em eleições é superior à participação em associações/coletividades locais. Contudo, há que ter em conta que o peso relativo à participação em associações diz respeito à amostra dos inquéritos realizados, o qual foi estendido para toda a população da zona de estudo, podendo este valor ser alterado aumentando a amostra.

DI.2.3 Nível educacional

O cálculo do indicador baseou-se nos dados estatísticos relativos à população com idade igual ou superior a 15 anos residente na zona de estudo e sem nível de escolaridade (INE, 2012). Entende-se por população sem nível de escolaridade aquela que não tem nenhum nível de escolaridade completa ou não sabe ler nem escrever. Deste modo, foram usados os dados relativos a população que não sabe ler nem escrever ou frequentou o 1.º ciclo do ensino básico mas não concluiu. A Tabela 5.21 apresenta os valores estatísticos para a zona de estudo referentes ao cálculo do indicador.

Tabela 5.21 – Valores estatísticos para o cálculo do nível educacional

| | |
|--|--------------|
| População com idade igual ou superior a 15 anos | 21998 |
| População que não sabe ler nem escrever | 595 |
| População que frequentou o 1.º ciclo do ensino básico mas não concluiu | 1315 |
| População sem escolaridade | 1910 |
| População com 15 ou mais anos alfabetizada | 20088 |

Fonte dos dados: INE, 2012.

Dos valores apresentados na Tabela 5.21 e com base na Equação 4.21, resulta que a percentagem de população com idade igual ou superior a 15 anos e alfabetizada, residente na zona de estudo é igual a 91,32%.

Por aplicação da Equação 4.21 e de forma a ser possível analisar a distribuição espacial do nível educacional na zona de estudo, realizou-se o respetivo cálculo por subsecção estatística. A Figura 5.41 apresenta o resultado obtido.

Da análise da Figura 5.41 conclui-se que em grande parte da área da zona de estudo (89,2%) o nível educacional é maior que 75% e apenas em 6,2% o nível educacional da população residente é igual a 0%. Tal como esperado, os valores parciais estão em concordância com o nível educacional calculado para a totalidade da zona de estudo.

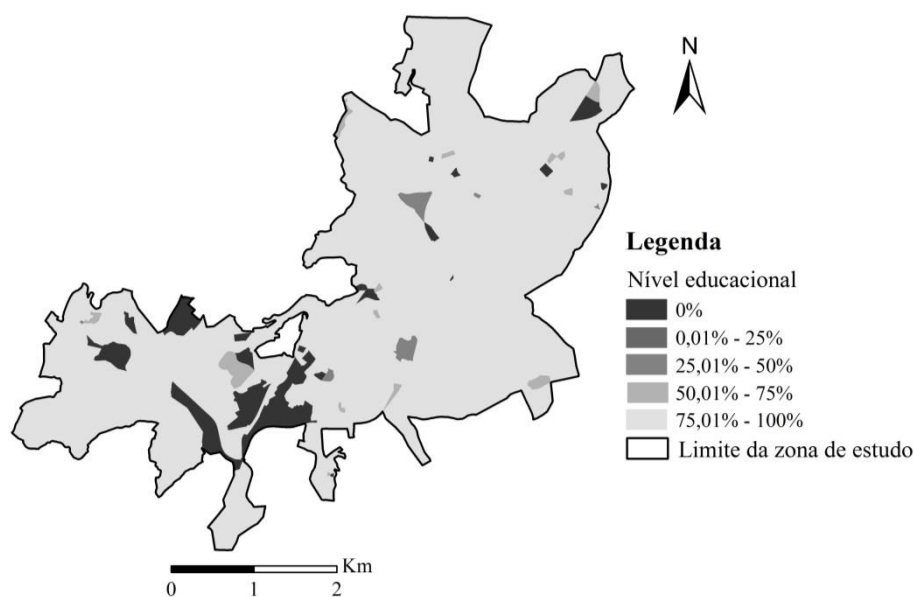


Figura 5.41 – Nível educacional por subsecção estatística da população residente na zona de estudo

D1.2.4 Satisfação dos cidadãos com a comunidade local

O valor calculado para avaliar este indicador baseou-se nas respostas obtidas à questão “De um modo geral, como avalia o nível de satisfação com o município?” realizada por inquérito à população entre outubro de 2015 e março de 2016. Obtiveram-se 104 respostas, cujos resultados são apresentados na Tabela 33 do Anexo D.

Considerando as respostas à referida questão, constata-se que: 8,7% dos inquiridos estão muito satisfeitos; 47,1% estão satisfeitos; 30,8% estão moderadamente satisfeitos; 11,5% estão nada satisfeitos. Portanto, a maioria dos inquiridos (55,8%) mostra-se satisfeito com o desempenho do município. Atendendo à escala de normalização apresentada na Subsecção 4.4.1 do Capítulo IV para este indicador, este valor reflete um nível de satisfação positivo por parte da população.

D1.3.1.1 Espaços verdes

Para o cálculo deste subindicador consideraram-se os dados relativos à cartografia urbana cedida pela Câmara Municipal da Guarda, mais especificamente o tema respeitante às zonas verdes, e a Carta de Ocupação e Uso do Solo de 2007 (COS 2007) da Direção Geral do Território, da qual se extraíram as áreas de parques e jardins. A Figura 5.42 apresenta o mapa com a distribuição espacial dos espaços verdes considerados para o cálculo.

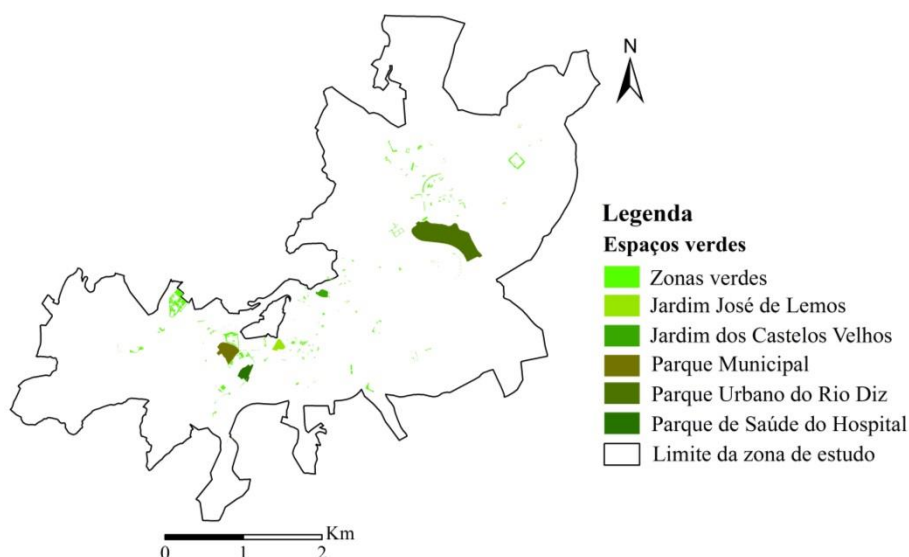


Figura 5.42 – Espaços verdes da zona de estudo

Na Tabela 5.22 apresentam-se as respetivas áreas referentes a zonas verdes e parques e jardins existentes na zona de estudo.

Tabela 5.22 – Área de ocupação dos espaços verdes

| Zonas Verdes | Parques e Jardins |
|-------------------|-------------------|
| 12,63ha | 30,13ha |
| Área Total | 42,76ha |

Considerando a Equação 4.22, foi calculado o rácio de espaços verdes por habitante da zona de estudo. Deste cálculo resultou que, por cada habitante existe uma área igual a 16,32m² de espaços verdes.

DI.3.1.2 Espaços de Património

Foram analisadas as áreas de proteção de imóveis classificados na Planta Outras Condicionantes do Plano Diretor Municipal da Guarda (CMG, 1994) e incluídas na zona de estudo, bem como na Cartografia de 2004 da área urbana cedida pela Câmara Municipal da Guarda.

De acordo com a Planta de Outras Condicionantes estão incluídos na zona de estudo três imóveis classificados, de acordo com a Lei 13/85 de 6/7. São eles: o Chafariz da Dorna – Imóvel de Interesse Público pelo Decreto n.º 95/78 de 12/9, com uma área de proteção de 50m; o Chafariz de Santo André – Imóvel de Interesse Público pelo Decreto n.º 95/78 de 12/7, com uma área de proteção de 50m; a Capela da Póvoa do Mileu e Estação Arqueológica – Imóveis de Interesse Público pelo Decreto n.º 37728 de 5/1/50 e Decreto n.º 41191 de 18/7/57. Para além destes, é também identificada a zona referente às Muralhas da Guarda e Área

Intramuralhas da qual fazem parte diversos monumentos e edifícios classificados. Apesar de grande parte desta zona de proteção às Muralhas estar incluída no núcleo central urbano não pertencente à zona de estudo, o Museu da Guarda e Centro Cultural e a Igreja da Misericórdia ainda pertencem à zona urbana de estudo.

Pela análise da cartografia urbana, além dos referidos imóveis classificados existem outros com interesse patrimonial identificados com as tipologias de monumento público, religioso e notável. Verificou-se que parte destes edifícios identificados estão incluídos nas áreas de proteção classificadas em PDM (Tabela 5.23), os quais não foram considerados de modo a não duplicar as áreas.

Tabela 5.23 – Edifícios com interesse patrimonial incluídos nas áreas de proteção classificadas em PDM

| Monumento Público | Edifício Religioso | Edifício Notável |
|----------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Monumento a Frei Pedro da Guarda | Capela de São Pedro | Museu da Guarda e Centro Cultural |
| Cruzeiro | Igreja da Misericórdia | Centro de Estudos Ibéricos (CEI) |
| | | Biblioteca Municipal Eduardo Lourenço |
| | | Polícia de Segurança Pública |

Na Figura 5.43 apresentam-se as áreas de proteção de imóveis e edifícios considerados como espaços de património na zona de estudo.

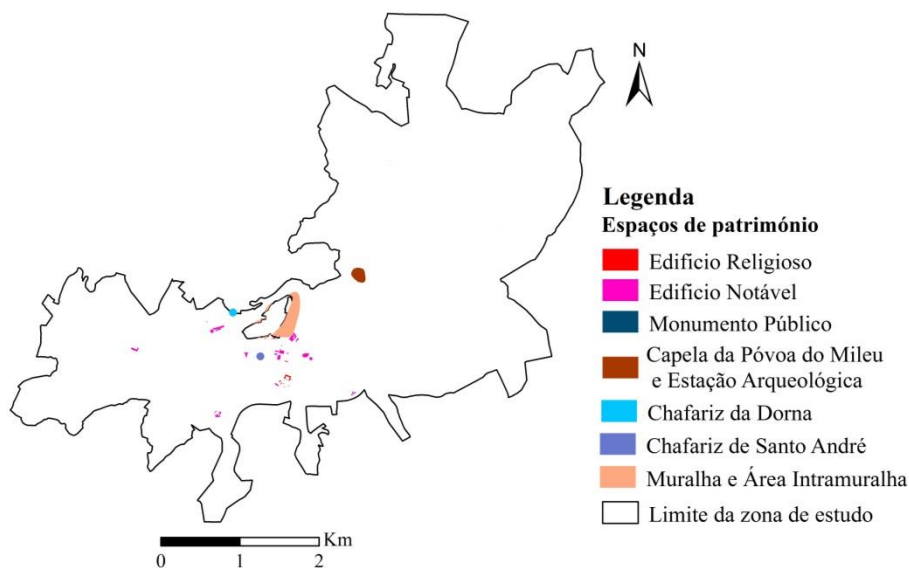


Figura 5.43 – Espaços de património da zona de estudo

Apesar de ser possível quantificar a área de espaço de património existente na zona de estudo por habitante, não existem dados de referência que permitam normalizar esta medida, conforme exposto na Capítulo IV. Assim, entendeu-se aplicar uma escala qualitativa com

valores entre 0 e 1, de modo a avaliar a cidade da Guarda segundo o objetivo deste subindicador. Por conseguinte, atendendo a que se trata de uma cidade com alguns séculos de história, onde existem vários monumentos históricos classificados e também alguns edifícios identificados como de interesse, atribuiu-se à zona de estudo da Guarda a classificação de 0,6. No entanto, conforme se pode observar na Figura 5.43 estes espaços de património localizam-se essencialmente em torno do centro mais antigo da cidade, sendo a sua área de ocupação reduzida comparativamente à área total da zona de estudo.

DI.3.1.3 Espaços Públicos

Atendendo à revisão bibliográfica apresentada na Secção 4.3 do Capítulo IV, respeitante a definições e categorias que compõem o espaço público, em particular as indicadas em Francisco (2005), verificou-se que a cartografia da cidade da Guarda disponível para o caso de estudo não possibilita a extração ou identificação de algumas dessas categorias. Contudo, das categorias identificadas pelo autor analisaram-se as que constam dos dados cartográficos disponíveis, à exceção da categoria Infraestruturas de Subsolo por a mesma ser tratada no 2.º Domínio “Cobertura das infraestruturas básicas urbanas”. Apesar de não constar da lista apresentada em Francisco (2005) foi considerado o espaço relativo a infraestruturas de tratamento de resíduos e águas residuais, por se entender ser também um espaço público. Esta informação geográfica espacial foi extraída da cartografia urbana à escala 1:2000 cedida pela Câmara Municipal da Guarda e da Carta de Ocupação e Uso do Solo para Portugal (COS2007). Verificou-se que alguns espaços públicos se repetiam nas duas fontes de dados usados, o que obrigou à respetiva correção no sentido de eliminar as referidas sobreposições e evitar a multiplicidade de áreas. A Figura 5.44 apresenta o mapa com os espaços públicos identificados dentro da zona de estudo.

Tal como justificado no subindicador anterior, também para este subindicador não foram encontradas referências que possibilitassem a normalização deste critério. Por conseguinte, embora seja possível quantificar a área disponível por habitante, na impossibilidade de normalizar essa medida aplicou-se uma escala qualitativa com valores entre 0 e 1 para avaliar o desempenho deste subindicador na cidade da Guarda. Os espaços públicos identificados na zona de estudo e apresentados na Figura 5.44 auxiliaram na perceção da quantidade e distribuição espacial dos espaços públicos existentes na zona de estudo. Tendo em conta esta informação e não existindo termos de comparação com outras cidades, atribuiu-se à zona de estudo da Guarda a classificação de 0,7.

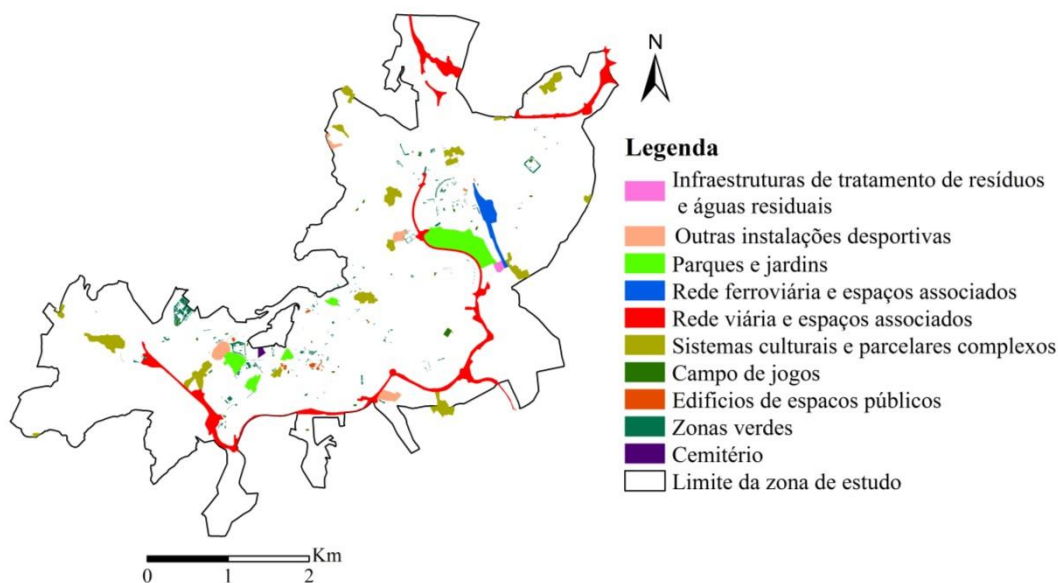


Figura 5.44 – Espaços públicos da zona de estudo

D1.3.2 Disponibilidade de áreas públicas abertas

Foram considerados para o cálculo deste indicador as seguintes áreas públicas abertas: Parque de Saúde do Hospital, Parque Municipal, Jardim José de Lemos, Jardim dos Castelos Velhos e Parque Urbano do Rio Diz. Esta identificação baseou-se na definição de áreas públicas abertas dada por Berrini *et al.* (2003).

Realizou-se a análise de proximidade às áreas públicas abertas identificadas na zona de estudo com o cálculo de um *buffer* de 300m em torno dos referidos espaços. A Figura 5.45 mostra as áreas seleccionadas de acordo com este indicador de desenvolvimento sustentável e a respetiva análise espacial.

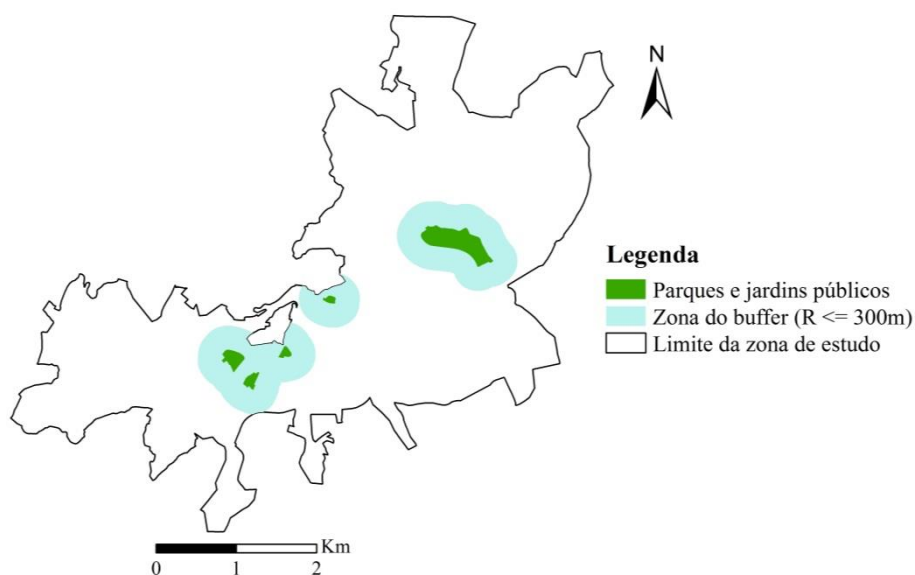


Figura 5.45 – Análise de proximidade a áreas públicas abertas na zona de estudo

Na Tabela 5.24 apresentam-se os resultados referentes à totalidade da área de influência dos espaços públicos abertos usados na análise, bem como a respetiva população residente até 300 metros destes. Os valores relativos à área e ao número de habitantes incluem o espaço ocupado pelas respetivas áreas públicas abertas.

Tabela 5.24 – Área e população residente até 300m das áreas públicas abertas

| | |
|--|------------------|
| Área das zonas localizadas até 300m | 257,93ha |
| População residente até 300m | 10689 habitantes |

Dos valores apresentados na Tabela 5.45 constata-se que existe um rácio de 241,30m² de área pública aberta por cada habitante residente até 300m. Quanto à totalidade da população residente na zona de estudo, esse rácio é de 98,46m²/habitante. Considerando a Equação 4.25 conclui-se que 40,80% da população total da zona de estudo reside até 300m de uma área pública aberta.

DI.3.3 Disponibilidade de serviços básicos

Atendendo à descrição de serviços básicos descrita em Berrini *et al.* (2003), foram selecionados da cartografia urbana de 2004 os edifícios referentes a serviços de saúde e escolas de frequência obrigatória (ensino básico, secundário e jardins de infância). Relativamente às instalações de reciclagem há que referir que na Guarda existem contentores de reciclagem para papel, plástico, metal, vidro e pilhas, distribuídos pela zona urbana. Pode observar-se que onde há maior densidade populacional e residencial é notório a grande densidade de contentores para recolha de resíduos para reciclagem. Segundo uma notícia apresentada na página da Biblioteca Municipal Eduardo Lourenço, (<http://www.bmel.pt/utilidades/arquivo/1383>), consultada a 09-10-2015, 81% dos lares separa os resíduos das embalagens sendo desta forma um município acima da média nacional na missão reciclar. Dada a evidência da existência e da cobertura urbana deste serviço, e por inexistência de dados cartográficos ou descritivos sobre a sua localização na cidade, consideraram-se apenas os pontos de recolha de óleo (oleões), uma vez que no *site* eletrónico da Câmara Municipal da Guarda está disponível a informação das ruas onde se localizam. Para o efeito, foram posicionados sobre a cartografia urbana os pontos de localização destes recipientes. De salientar que apenas são conhecidas as respetivas ruas e não a sua localização precisa. É ainda importante referir que a cidade da Guarda dispõe de um Ecocentro e Estação de Transferência com horário de funcionamento diário. Quanto aos transportes coletivos e por consulta dos respetivos horários, verifica-se que em dias úteis e para algumas das rotas é praticada a frequência mínima de 30 minutos. Relativamente aos trajetos não foi possível obter dados. Quanto à distribuição de padarias e mercearias não há informação

disponível sobre a sua localização e distribuição na cidade, pelo que esta variável não foi tratada. Considerando o tipo de serviços básicos definido pelos autores Berrini *et al.* (2003), entendeu-se que os de maior importância para a análise e cálculo do indicador dizem respeito aos serviços de saúde e escolares, por terem uma distribuição espacial mais dispersa e por isso oferecerem maior grau diferenciador da sua disponibilidade para a população. Contudo, não se pretende deste modo diminuir a importância dos restantes serviços mencionados, pois todos contribuem para o bem-estar da população. Foram também tratados os dados relativos à localização de oleões, não se tendo considerado para a análise as padarias e mercearias. Foram ainda considerados para o cálculo do indicador os dados populacionais dos Censos de 2011 (INE, 2012). Realizou-se a análise espacial em SIG de modo a obter os dados para o cálculo do indicador. A Figura 5.46 apresenta o fluxograma da análise desenvolvida.

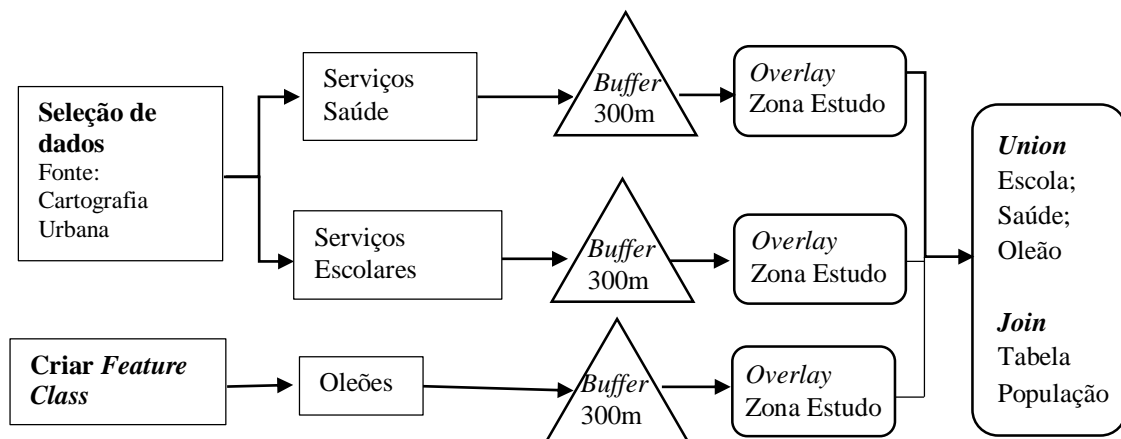


Figura 5.46 - Fluxograma da análise espacial desenvolvida em SIG para o cálculo do indicador

A Figura 5.47 mostra o mapa e respetiva distribuição espacial dos serviços básicos considerados no cálculo do indicador.

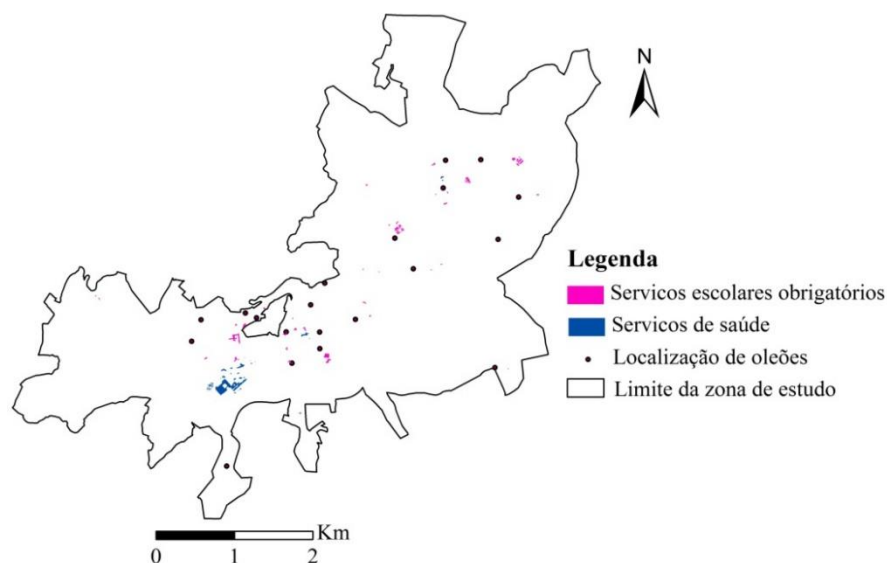


Figura 5.47 - Distribuição dos serviços básicos dentro da zona de estudo

A análise de proximidade com o raio de 300 metros, para cada um dos serviços básicos conduziu aos respetivos resultados apresentados na Figura 5.48.

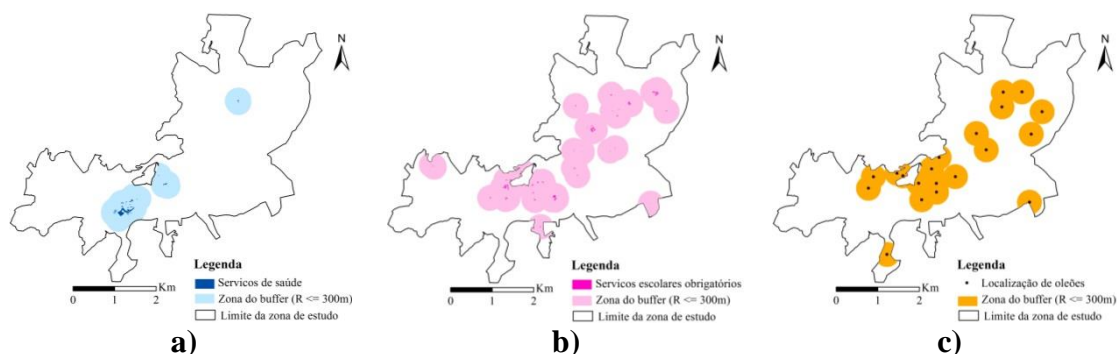


Figura 5.48 – Análise de proximidade (300m) aos serviços básicos: a) Serviços de saúde; b) Serviços escolares; c) Pontos de recolha de óleo usado

Na Tabela 5.25 apresentam-se as áreas de influência dos serviços básicos referidos e a população residente até 300m destes.

Tabela 5.25 – Área e população residente até 300m de cada serviço básico

| | Serviços de saúde | Serviços escolares | Oleões |
|--|-------------------|--------------------|------------------|
| Área das zonas localizadas até 300m | 172,09ha | 590,34ha | 404,79ha |
| População residente até 300m | 9230 habitantes | 22482 habitantes | 19348 habitantes |

Pela análise dos mapas da Figura 5.48 e pelos valores apresentados na Tabela 5.25 verifica-se que os serviços escolares são os que detêm maior área de cobertura do território, seguidos dos oleões. Os serviços de saúde são os que possuem menor área de cobertura na zona de estudo, o que se poderá justificar por em geral estes serviços se localizarem de uma forma mais centralizada. Consequentemente, estas diferenças refletem-se no número de habitantes cobertos pelos respetivos serviços. De um modo geral, pode considerar-se que a cobertura destes três serviços básicos é positiva, dado que as escolas e os oleões são utilizados com maior frequência em comparação com os serviços de saúde.

A análise conjunta dos três serviços básicos para toda a zona de estudo, considerando ainda a Equação 4.26, permitiu calcular o valor deste indicador. Os respetivos valores para a área total e população residente até 300m de algum serviço básico são apresentados na Tabela 5.26.

Tabela 5.26 - Resultados globais da cobertura dos serviços básicos na zona de estudo

| | | Percentagem |
|--|------------------|-------------|
| Área das zonas localizadas até 300m | 768,42ha | 42,16% |
| População residente até 300m | 24611 habitantes | 93,95% |

Dos resultados apresentados na Tabela 5.26 conclui-se que 93,95% da população reside em zonas localizadas até 300m de algum serviço básico considerado na análise. A extensão da cobertura dos serviços básicos analisados, para a distância de 300 metros, corresponde a 42,16% da área da zona de estudo. Assim, conclui-se que a distribuição espacial dos serviços básicos na zona urbana da Guarda coloca a grande maioria da população residente a uma distância inferior a 300 metros de algum serviço básico.

D1.4.1 Evolução demográfica

O cálculo da evolução demográfica para a zona de estudo baseou-se nos dados estatísticos dos Censos de 1991, 2001 e 2011, cujos valores populacionais e respetivos resultados foram apresentados na Subsecção 5.2.5.1.

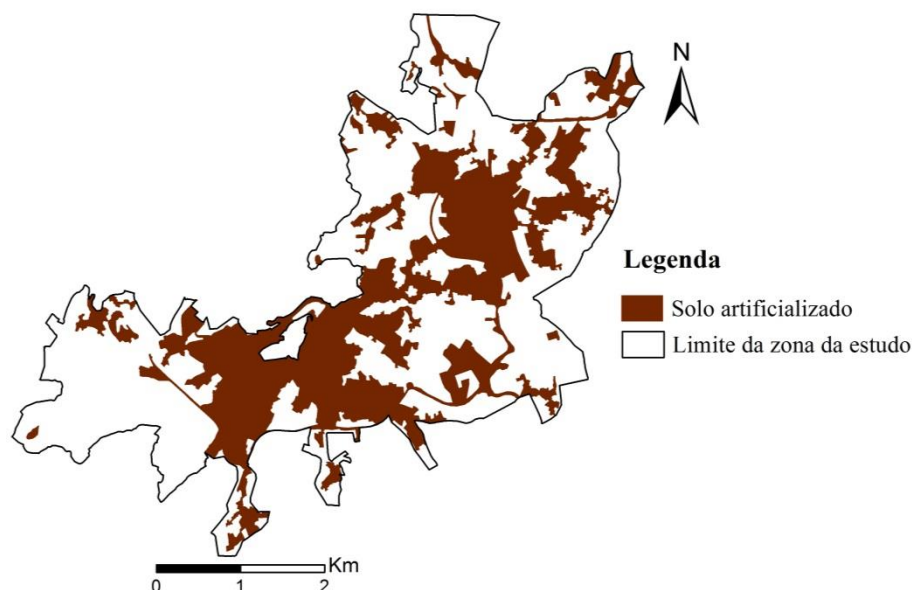
Conforme apresentado na Tabela 5.13 e nas Figuras 5.33 e 5.34, para o período de 2001 a 2011 a população decresceu apresentando taxas negativas, quer para o crescimento acumulado quer para o crescimento médio anual. Nos outros dois períodos considerados, 1991-2001 e 1991-2011, as taxas de crescimento acumulado e médio anual da população residente foram positivas. No entanto, os valores de crescimento são menores quando analisado o período de 20 anos. De acordo com os resultados obtidos e apresentados anteriormente, a taxa de crescimento média anual da população residente na zona de estudo no período de 1991 a 2011 foi de 1,56%.

D1.4.2 Solo urbanizado

Para o cálculo deste indicador considerou-se como fonte dos dados a Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS2007), nomeadamente as seguintes classes de uso e ocupação do solo: tecido urbano contínuo predominantemente horizontal, tecido urbano contínuo predominantemente vertical, tecido urbano descontínuo, tecido urbano descontínuo esparso, rede viária e espaços associados, rede ferroviária e espaços associados, áreas em construção, equipamentos públicos e privados, parques e jardins, infraestruturas de tratamento de resíduos e águas residuais, áreas abandonadas em territórios artificiais, comércio, indústria e outras instalações desportivas. Na Figura 5.49 apresenta-se o mapa respeitante à zona urbana da Guarda com a respetiva mancha relativa ao solo artificializado, resultante da agregação das classes de uso e ocupação do solo mencionadas. Pela análise da Figura 5.49 verifica-se que o modelo de ocupação do solo urbano é disperso, com descontinuidades, podendo classificar-se como sendo do tipo *leapfrog* (Meneses, 2010).

De modo a avaliar o indicador, calcularam-se as respetivas áreas ocupadas por cada uma das classes de solo artificializado, a percentagem absoluta (Equação 4.29) e a percentagem relativa. A percentagem absoluta é referente à área total da zona de estudo; a percentagem

relativa refere-se à área total de solo artificializado para a zona indicada. A Tabela 5.27 apresenta os respetivos resultados.



Fonte dos dados: DGT, 2007

Figura 5.49 – Mancha de solo urbanizado na zona de estudo

Tabela 5.27 – Área e percentagem de ocupação do solo urbanizado por classe

| Classes de Solo Artificializado | Área Ocupada (ha) | Percentagem (Absoluta) | Percentagem (Relativa) |
|---|-------------------|------------------------|------------------------|
| Áreas abandonadas em territórios artificializados | 0,93 | 0,05% | 0,13% |
| Áreas em construção | 25,54 | 1,40% | 3,47% |
| Comércio | 5,50 | 0,30% | 0,75% |
| Equipamentos públicos e privados | 49,03 | 2,69% | 6,65% |
| Indústria | 50,62 | 2,78% | 6,87% |
| Infraestruturas de tratamento de resíduos e águas residuais | 1,24 | 0,07% | 0,17% |
| Outras instalações desportivas | 9,36 | 0,51% | 1,27% |
| Parques e jardins | 30,13 | 1,65% | 4,09% |
| Rede ferroviária e espaços associados | 9,00 | 0,49% | 1,22% |
| Rede viária e espaços associados | 62,49 | 3,43% | 8,48% |
| Tecido urbano contínuo predominantemente horizontal | 44,37 | 2,43% | 6,02% |
| Tecido urbano contínuo predominantemente vertical | 385,30 | 21,14% | 52,28% |
| Tecido urbano descontínuo | 30,55 | 1,68% | 4,15% |
| Tecido urbano descontínuo esparso | 32,94 | 1,81% | 4,47% |
| Total | 737,00ha | 40,43% | 100% |

A análise dos valores apresentados na Tabela 5.27 revela que a classe relativa a tecido urbano contínuo predominantemente vertical ocupa a maior área, com 21,14% da área total

urbana em estudo; a menor área é ocupada pela classe respeitante a áreas abandonadas em territórios artificializados com 0,05%. Mais de metade (52,28%) da área total de solo artificializado é ocupada por tecido urbano contínuo predominantemente vertical. No total, o tecido urbano descontínuo ocupa a área de 63,49ha, equivalente a 3,49% da área de estudo e a 8,62% da área urbanizada. A classe relativa à rede viária e espaços associados apresenta a segunda maior área de ocupação da zona de estudo com 3,43% e 8,48% da área total artificializada. As classes de tecido urbano contínuo, horizontal ou vertical, ocupam 58,30% da área total artificializada. Considerando a área total de solo urbanizado (737,00ha) conclui-se que 40,43% da área respeitante à zona de estudo corresponde a solo urbanizado. Atendendo à população residente, a taxa de impermeabilização *per capita* é de 281,3m²/habitante. Deste modo, conclui-se ainda que a maior parte da zona de estudo corresponde a áreas de baixa densidade de ocupação, verificando-se que a densidade de ocupação é maior na zona central urbana e em torno da estação ferroviária.

D1.4.3 Intensidade de utilização

A densidade de ocupação humana em zonas urbanas, como indicativo da intensidade de utilização do solo, circunscreve áreas de grande ou baixa intensidade de ocupação e consequentemente com maior ou menor dispersão urbana.

Para o cálculo do indicador teve-se em conta a área relativa a solo artificializado que resultou da análise do indicador anterior, *D1.4.2 Solo urbanizado*, e também o número de habitantes na zona de estudo. Considerando que a área de solo urbanizado na zona de estudo é igual a 737,00ha, o que corresponde a 40,43% da área urbana de estudo, e o número de habitantes é de 26197, calculou-se o valor do indicador com aplicação da Equação 4.30. De acordo com os dados, concluiu-se que a intensidade de utilização do solo urbano na zona de estudo é de 35,55 habitantes por cada hectare de solo artificializado.

Considerando a classificação das áreas urbanas apresentadas em Berrini *et al.* (2003), em especial o valor da densidade populacional por área de solo urbanizado, pode classificar-se a zona de estudo da cidade da Guarda como uma área com média intensidade de uso do solo.

D1.5.1 Alterações do uso do solo

Por indisponibilidade de dados para caracterizar e analisar a evolução da ocupação do solo na zona de estudo ao longo de um determinado período de tempo, não foi possível realizar o cálculo deste indicador.

D2.1.1 População servida com sistemas de abastecimento de água

O cálculo deste indicador baseou-se na distribuição da rede de abastecimento de água na cidade, disponibilizada pelo SMAS da Guarda, bem como nos dados estatísticos dos Censos de

2011 e respeitantes às subsecções estatísticas cujas residências habitual têm disponível este serviço básico.

Em primeiro lugar realizou-se a análise cuidada dos dados disponíveis e de seguida calculou-se o valor do indicador. Assim, efetuou-se a análise espacial com o uso dos dados estatísticos (INE, 2012), a partir dos quais se identificaram as subsecções estatísticas com alojamentos familiares de residência habitual com água (N_Res_Habitual_Com_Agua). A Figura 5.50 mostra o resultado desta análise.

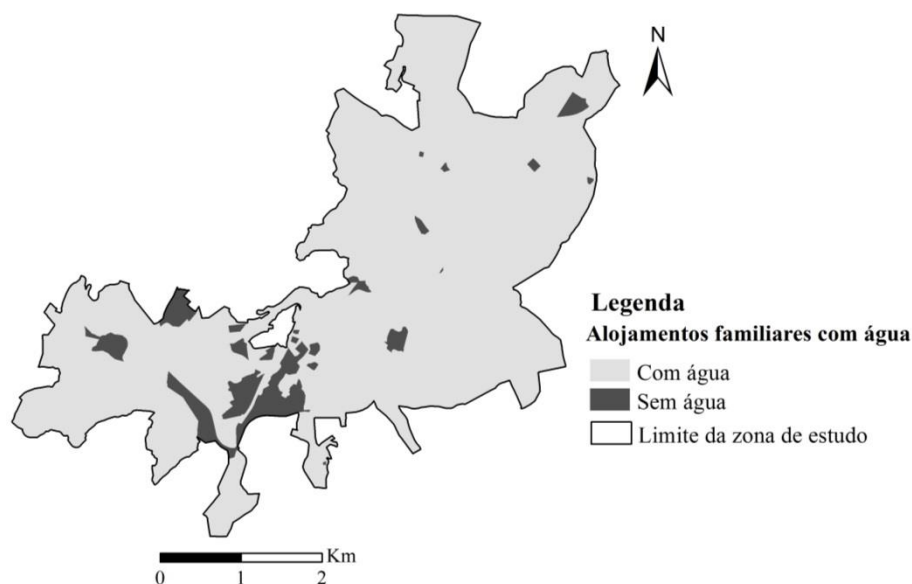


Figura 5.50 - Subsecções estatísticas com alojamentos familiares de residência habitual com e sem abastecimento de água

Pela interpretação da Figura 5.50, verifica-se que existem subsecções estatísticas identificadas sem abastecimento de água. Uma análise mais detalhada permite constatar que no total existem 27 alojamentos sem água, sendo que 17 são alojamentos familiares clássicos e 10 alojamentos coletivos (lares, seminário, residências de estudante, etc.). No que respeita à população, habitam nestas subsecções estatísticas 289 indivíduos, sendo que o maior número de residentes (175) corresponde a um alojamento coletivo. Verifica-se também que em 18 alojamentos sem água não há residentes, sendo estes 16 alojamentos familiares e 2 coletivos. Dos alojamentos sem habitantes identificam-se 4 alojamentos vagos. No entanto, apesar dos valores apresentados, os alojamentos identificados nos dados censitários sem água podem possuir meios de abastecimento próprio.

Foi ainda analisada a distribuição espacial da infraestrutura de abastecimento de água no território da zona de estudo, a qual se apresenta na Figura 5.51.

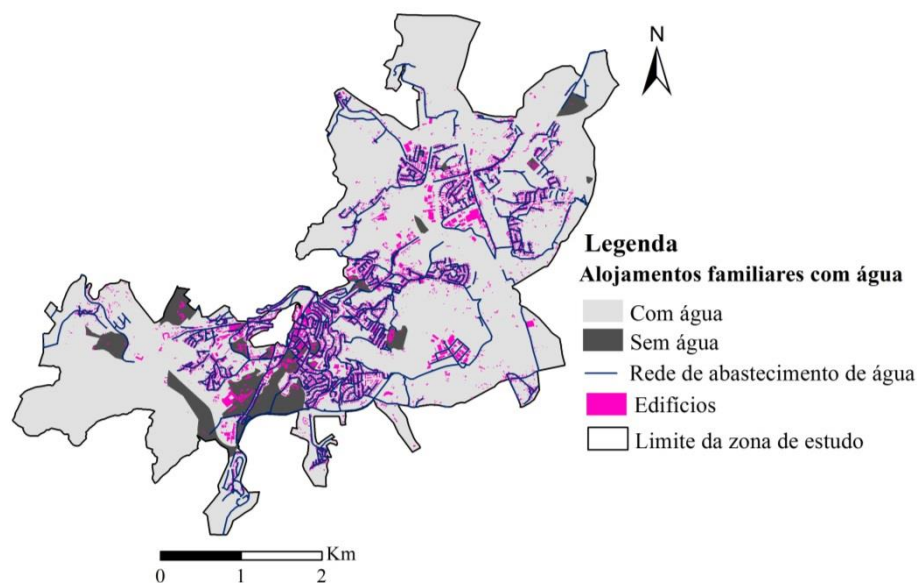


Figura 5.51 - Distribuição da rede de abastecimento de água na zona de estudo

Pela observação da Figura 5.51 verifica-se que para as subsecções estatísticas identificadas como não tendo serviço de abastecimento de água pelos dados estatísticos dos Censos de 2011, algumas estão servidas pela rede de abastecimento de água, outras usufruem da sua proximidade. Verifica-se ainda que existem zonas edificadas onde a rede de abastecimento de água não está representada, contudo estão identificadas com a existência de abastecimento de água pelos dados estatísticos. Esta ausência pode ser justificada por, segundo informação fornecida pelo SMAS da Guarda, a rede representada poder não corresponder à rede real dado não estar catalogada e por isso não existir a totalidade do cadastro, nomeadamente da rede mais antiga. Também pode acontecer que alguns troços isolados são alimentados (água) por coletores em alta (AZC), que não constam da informação cedida.

Uma vez que a medida do indicador depende da população residente, usaram-se os dados estatísticos referentes à população. Assim, considerou-se a população residente nas subsecções estatísticas identificadas com abastecimento de água. Concluiu-se que residem nestas áreas urbanas 25908 indivíduos, para um total de 9609 alojamentos familiares de residência habitual com água. Com aplicação da Equação 4.31 resulta que 98,90% da população residente na zona de estudo é servida pelo sistema público de abastecimento de água.

D2.1.2 População servida com sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais

Para o cálculo do indicador considerou-se a distribuição da rede de esgoto disponibilizada pelo SMAS da Guarda e os dados estatísticos referentes a alojamentos familiares de residência habitual com esgotos (INE, 2012) distribuídos pelas subsecções estatísticas. De referir que a cidade da Guarda é servida por uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR),

denominada de ETAR de São Miguel, a qual recebe todas as águas residuais da malha urbana e processa o seu tratamento.

Realizou-se a análise espacial relativa aos dados disponíveis, seguida do cálculo do respetivo indicador. Primeiro analisou-se a existência de alojamentos familiares de residência habitual com esgotos nas subsecções estatísticas. O respetivo resultado da análise é mostrado na Figura 5.52.

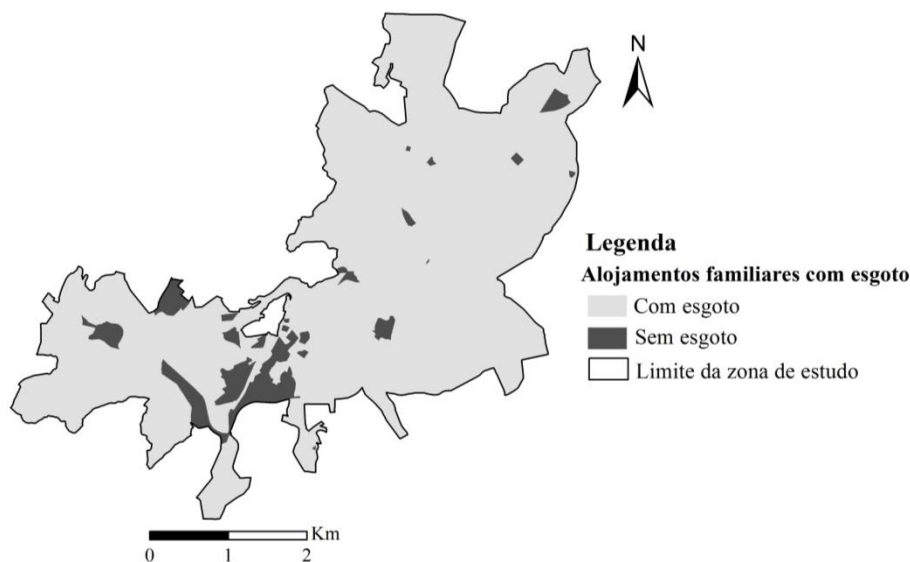


Figura 5.52 - Subsecções estatísticas com alojamentos familiares de residência habitual com e sem esgoto

Pela análise da Figura 5.52 verifica-se que existem subsecções estatísticas sem esgoto, as quais coincidem com as identificadas no indicador *D2.1.1*. Tal como no indicador anterior, existem 27 alojamentos sem esgoto, dos quais 17 são alojamentos familiares e 10 coletivos. Também se conclui que existem 18 alojamentos sem esgoto e sem residentes, havendo 16 familiares e 2 coletivos. Destes alojamentos sem habitantes 4 estão vagos. No total habitam 289 indivíduos em alojamentos identificados sem esgoto, distribuídos por 1 alojamento familiar e 8 alojamentos coletivos.

A distribuição espacial da infraestrutura da rede pública de esgoto no território da zona de estudo é apresentada na Figura 5.53. Pela análise da Figura 5.53 verifica-se que das subsecções estatísticas identificadas com falta de esgoto pelos dados estatísticos, algumas são atravessadas pela respetiva rede ou beneficiam da sua proximidade. Pode ainda perceber-se o afastamento da rede de esgoto disponibilizada pelo SMAS da Guarda relativamente a alguns edifícios. No entanto, segundo os dados estatísticos pertencem a zonas cujos alojamentos possuem esgoto. As ausências da infraestrutura na zona de estudo podem dever-se a deficiências do cadastro da rede de esgoto em algumas zonas da área urbana, ou alguns troços isolados que

são recolhidos por coletores em alta (AZC) e que não constam da informação cedida, conforme informação prestada pelo SMAS da Guarda.

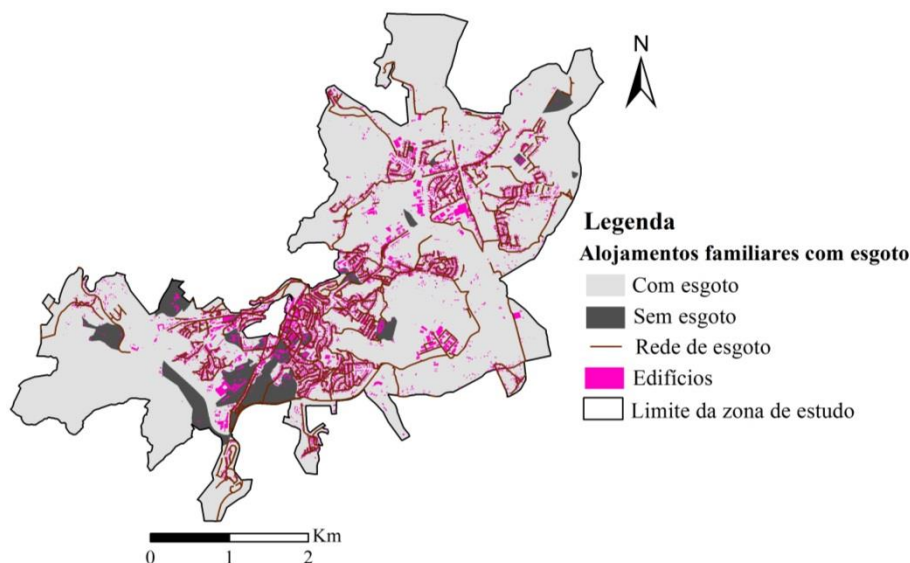


Figura 5.53 - Distribuição da rede de esgoto na zona de estudo

O cálculo do indicador baseou-se na população residente nas subsecções estatísticas identificadas, onde os alojamentos familiares de residência habitual têm esgoto e na população total residente na zona de estudo. Assim, com base na Equação 4.32 foi calculado o índice de cobertura dos sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais para a zona de estudo. Deste cálculo resultou que 98,90% da população residente na zona de estudo é servida por este serviço público.

D2.2.1 Despesa ambiental

Para o cálculo deste indicador foram considerados vários dados de diferentes instituições que no ano de 2015 (ano de pesquisa dos dados) eram responsáveis pela gestão e proteção ambiental na cidade da Guarda. Neste âmbito, consultaram-se os seguintes elementos: Relatório de Contas dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) da Guarda de 2014; Relatório de Contas das Águas do Zêzere e Côa de 2014; Relatório de Prestação de Contas da Câmara Municipal da Guarda para o ano de 2014. Apresenta-se de seguida o desenvolvimento da análise realizada aos documentos citados e respetivos dados extraídos.

Relatório de Contas dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (RCSMAS) da Guarda, 2014

A atividade dos SMAS divide-se em duas áreas fundamentais: a água e o saneamento. Em relação à água é responsabilidade dos Serviços Municipalizados proceder à sua distribuição e à manutenção do equipamento existente na rede de distribuição da cidade e aldeias periféricas abastecidas por este sistema. Para além da distribuição de água à cidade e aldeias periféricas,

os SMAS têm ainda a responsabilidade da captação, elevação, armazenagem e distribuição a um conjunto de aldeias dispersas. Em relação ao saneamento, os SMAS efetuam a recolha do efluente do sistema da cidade, uma vez que foi entregue à empresa Águas do Zêzere e Côa, SA, em Novembro de 2002, a parte de exploração relativa ao tratamento. Para além disso, os SMAS têm ainda a seu cargo a recolha, transporte e tratamento de esgotos nas aldeias (SMAS, 2014). Conforme descrito neste relatório “O custo de fornecimento de água tem na estrutura financeira dos SMAS um peso extremamente elevado, esse custo não teve até à presente data nenhuma contrapartida imediata na libertação de custos de estrutura” (SMAS, 2014). Após a análise do RCSMAS da Guarda foram selecionadas as rubricas e respetivos montantes previstos para a despesa durante o ano de 2014 e que são apresentadas na Tabela 5.28.

Tabela 5.28 – Rubricas e montantes extraídos do RCSMAS da Guarda

| Designação da rubrica | Montante previsto |
|---|--------------------------|
| Manutenção de depósitos | 7 500,00€ |
| Ampliação/Remodelação de redes de águas e esgotos | 33 000,00€ |
| Manutenção/Execução de captações | 1 000,00€ |
| Ramais de água e esgoto | 251 000,00€ |
| Equipamento de tratamento de água | 2 000,00€ |
| Equipamento de medição e controlo | 25 000,00€ |
| Equipamento de desobstrução e controlo de redes | 2 580,00€ |
| Equipamento de monitorização de controlo de redes | 10 000,00€ |
| Total | 332 080,00€ |

Fonte: Relatório de Contas dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Guarda, ano de 2014

O cálculo dos custos associados à gestão e manutenção das infraestruturas relacionadas com esgotos e transporte e gestão da água baseou-se no RCSMAS, tendo sido considerados os montantes previstos e não os executados, por se entender que os montantes previstos podem ser mais realistas para um período temporal superior a 1 ano. De referir que não se pretende apenas analisar a despesa para um ano específico, mas perceber os custos médios relacionados com este tipo de encargo.

Considerando que o Relatório de Contas do SMAS da Guarda apresenta as contas referentes a todo o município e que o cálculo deve incidir sobre o custo por cada habitante da cidade, foi calculado o fator de proporção entre a população residente na zona de estudo e a população residente no município. Assim, dado que a população residente no município é de 42541 habitantes e que na zona de estudo é de 26197, segundo os Censos de 2011, resulta que o fator de proporcionalidade é de 0,6158. Consequentemente, o valor proporcional do montante

gasto associado à população residente na zona de estudo é de 204 494,86€. Conclui-se deste modo que o valor *per capita* anual da despesa na zona de estudo é de 7,81€/hab.

Relatório de Contas das Águas do Zêzere e Côa (RAdZC), 2014

A empresa Águas do Zêzere e Côa, no ano de 2014, foi responsável pela manutenção e gestão da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) e também pela Estação de Tratamento de Águas (ETA) que abastece a cidade da Guarda. Para toda a zona urbana existe apenas uma ETAR, localizada junto ao Parque Urbano e designada por ETAR de São Miguel e uma ETA designada por ETA do Caldeirão. A ETAR de São Miguel foi projetada para proceder à recolha e tratamento dos efluentes da cidade da Guarda. A Estação de Tratamento de Água do Caldeirão foi dimensionada para satisfazer as necessidades de abastecimento de água dos municípios da Guarda e Pinhel (Sul).

De forma a compreender as despesas associadas a estas duas infraestruturas, procedeu-se à análise do Relatório de Contas desta empresa referente ao ano de 2014 (AdZC, 2014). De acordo com esta fonte, no que respeita às empreitadas de construção do sistema explorado pela empresa, foram celebrados um conjunto de contratos, apresentando apenas os valores superiores 50 000,00€. Relativamente à ETAR de São Miguel apurou-se que para o ano de 2014 foi realizado um contrato de empreitada cujo valor adjudicado foi de 137 750, 00€. Quanto aos contratos para o abastecimento de água, referentes a empreitadas para a conservação de infraestruturas, condutas e coletores, e não tendo sido discriminadas no relatório as designações dos respetivos subsistemas, considerou-se o valor total adjudicado de 810 000,00€ para um conjunto de 4 empreitadas, ou seja um valor médio de 202 500,00€ por cada empreitada.

O cálculo da despesa *per capita* para a zona de estudo baseou-se nos montantes gastos apresentados e na população residente. Para o caso da ETAR de São Miguel, como já referido, serve apenas a cidade da Guarda, pelo que a despesa associada a cada habitante da zona de estudo é de 5,26€/hab. Relativamente à despesa associada à ETA do Caldeirão, atendendo a que o RAdZC apresenta os valores relativos a toda a atividade da empresa e não apenas para a cidade da Guarda, de forma a ser possível a avaliação para a zona urbana, considerou-se a totalidade da população servida pela referida instalação. De acordo com informação das Águas do Zêzere e Côa, esta infraestrutura serve uma população de 39600 habitantes. Tendo em conta o valor médio gasto por empreitada apresentado (202 500,00€), resulta que a despesa *per capita* para esta rubrica é de 5,11€/hab.

Limpeza, Recolha, Transporte e Tratamento de Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana na Freguesia da Guarda

A empresa responsável pela limpeza, recolha e transporte de resíduos sólidos na cidade da Guarda é a empresa RRI – Recolha de Resíduos Industriais, SA. O tratamento dos resíduos sólidos é da responsabilidade da Empresa Resiestrela, SA.

Por consulta do Relatório de Prestação de Contas da Câmara Municipal da Guarda (RPCCMG) (CMG, 2014) relativo ao ano de 2014, no que respeita à rubrica dos Resíduos Sólidos extraíram-se os valores constantes da Tabela 5.29.

Tabela 5.29 – Despesas relativas à rubrica de resíduos sólidos

| Designação | Montante previsto | Datas (Mês/Ano) | |
|---|-------------------|-----------------|---------|
| | | Início | Fim |
| Viatura de Recolha de Lixo | 39 000,00€ | 01/2014 | 12/2014 |
| Equipamento de Recolha de Resíduos Sólidos | 11 000,00€ | 01/2014 | 12/2014 |
| Limpeza, Recolha, Transporte e Tratamento de Resíduos Sólidos | 2 611 000,00€ | 01/2014 | 06/2018 |

Fonte: Relatório de Contas da Câmara Municipal da Guarda, ano de 2014

Pela análise dos valores apresentados na Tabela 5.29, verifica-se que o item respeitante a Limpeza, Recolha, Transporte e Tratamento de Resíduos Sólidos corresponde ao período de 4,5 anos, resultando um valor médio anual de 580 222,22€. A Tabela 5.30 apresenta os custos totais para os itens mencionados, suportados pelo município no ano de 2014.

Tabela 5.30 – Despesa total para o ano de 2014 relativa à rubrica de resíduos sólidos

| Designação | Montante previsto |
|---|--------------------|
| Viatura de Recolha de Lixo | 39 000,00€ |
| Equipamento de Recolha de Resíduos Sólidos | 11 000,00€ |
| Limpeza, Recolha, Transporte e Tratamento de Resíduos Sólidos | 580 222,22€ |
| Total | 630 222,22€ |

Fonte: Relatório de Contas da Câmara Municipal da Guarda, ano de 2014

De salientar também que o relatório de prestação de contas da Câmara Municipal da Guarda se refere a todo o município. Neste contexto e de forma a ser possível o cálculo do valor para o indicador de desenvolvimento sustentável para a cidade da Guarda, foi considerado o fator de proporcionalidade (0,6158) relativo à população residente na zona urbana e a população residente no município. Assim, considerando a despesa suportada pelo município no ano de 2014 apresentada na Tabela 5.30 e a relação de proporcionalidade, resulta que a despesa proporcional para a zona de estudo é de 388 090, 84€. Por conseguinte, a despesa *per capita* associada à zona de estudo é de 14,81€/hab.

A Tabela 5.31 apresenta a síntese dos resultados apurados a partir das várias fontes consultadas para o cálculo do indicador, relativos à população residente na zona de estudo e tendo como ano de referência 2014.

Tabela 5.31 – Despesa ambiental calculada para a zona de estudo

| Serviço | Despesa per capita |
|--|---------------------------|
| Distribuição de água e recolha de efluentes (SMAS Guarda) | 7,81€/hab |
| ETAR São Miguel (AdZC) | 5,26€/hab |
| ETA do Caldeirão (AdZC) | 5,11€/hab |
| Limpeza, recolha, transporte e tratamento de resíduos sólidos urbanos (CMGuarda) | 14,81€/hab |
| Total | 32,99€/hab |

Como resultado da análise exposta conclui-se que, de acordo com a Equação 4.33 a despesa ambiental equivalente (EEeq) para a zona de estudo é de 32,99€/hab.

D3.1.1 Estrutura da rede viária

De modo a tratar este indicador, utilizaram-se dados relativos à rede viária inserida na zona urbana (arruamentos, estradas, ruas principais, vias de apoio mais importantes, vias com perfil de autoestrada e vias municipais).

A partir da cartografia da cidade da Guarda, especificamente o tema dos arruamentos, extraíram-se as entidades geográficas respeitantes a estrada/rua e vias de apoio mais importantes. Não foram consideradas as entidades do tipo via para peões, algumas vias de apoio menores e estradas de terra batida por se considerar que são de importância inferior no que respeita à rede viária urbana. Ao longo da análise verificou-se que algumas ruas/estradas têm continuidade por estradas de terra batida ou vias de apoio. Ao não considerar este tipo de vias pode parecer que existem dentro da zona de estudo ruas e/ou estradas isoladas. Foi ainda necessário digitalizar os eixos de via de forma a ser possível calcular o comprimento total de vias existentes na zona de estudo. A Figura 5.54 apresenta o mapa com a distribuição espacial das vias urbanas consideradas no cálculo do indicador.

Observa-se na Figura 5.54 que a rede viária urbana se distribui por todo o território da zona de estudo. Esta rede é composta por ruas, vias de acesso, estradas nacionais, vias municipais e a Via de Cintura Externa da Guarda (VICEG). Conclui-se que o comprimento total das referidas vias urbanas é igual a 152 828,95m. Considerando a Equação 4.34 resulta que o rácio de comprimento de vias urbanas por área de zona de estudo é de 83,85m/ha.

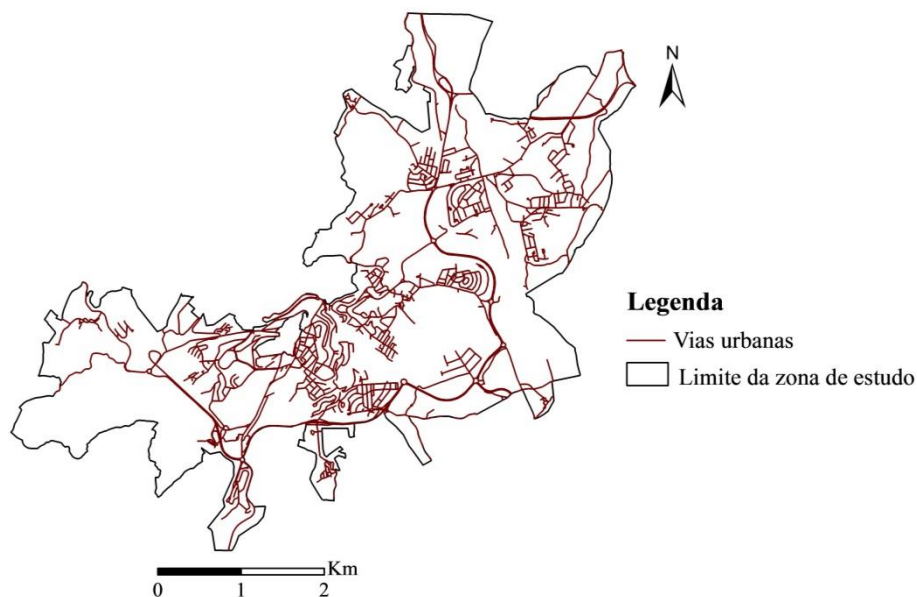


Figura 5.54 – Distribuição das vias urbanas na zona de estudo

Atendendo à repartição das vias urbanas na zona de estudo apresentada na Figura 5.54, pode concluir-se que a mesma se distribui por toda a zona urbana, permitindo um nível de cobertura adequando à morfologia urbana. Por conseguinte, de acordo com o exposto na Secção 4.3 do Capítulo IV, assumiu-se para a avaliação qualitativa do indicador o valor de 0,90.

D3.1.2 Solo ocupado por infraestruturas de transporte

Para a análise deste indicador, além das vias urbanas apresentadas no indicador anterior, *D3.1.1 Estrutura da rede viária*, considerou-se também a rede ferroviária existente na cidade relativa às linhas inter-regionais, Linha da Beira Alta e Linha da Beira Baixa. Apesar de a sua localização e implementação não ter sido imposta pela evolução da expansão urbana, a existência da Estação Ferroviária levou a que a cidade crescesse à sua volta criando um núcleo urbano em seu redor. Também a infraestrutura relativa à autoestrada A25 foi tida em conta na análise do indicador, uma vez que atravessa a zona de estudo. Entendeu-se que estas duas infraestruturas de transporte, ocupando espaço urbano, deviam ser incluídas na análise deste indicador.

De forma a calcular a área ocupada pelas infraestruturas de transporte, realizaram-se operações de análise espacial com o operador *buffer* tendo em conta as larguras das vias considerando a respetiva hierarquia. O cálculo da área realizou-se de forma independente e diferenciado por tipo de via, dado as diferenças de largura existentes para cada tipo de via considerada na análise. No caso das ruas e estradas, tratadas em conjunto, pertencendo a diferentes zonas da área urbana, possuem larguras variadas. Dada a dificuldade em dividir estas vias urbanas de acordo com a respetiva largura, foi considerado um valor médio de largura

calculado com base na largura e hierarquia destas vias, de modo a obter a respetiva área de ocupação. A Tabela 5.32 apresenta a caracterização geométrica das infraestruturas de transporte consideradas e o respetivo valor de *buffer* usado no cálculo da área de ocupação.

Tabela 5.32 - Caracterização das infraestruturas de transporte usadas no cálculo do indicador

| Infraestrutura | Tipo de via | Largura total | Distância do <i>buffer</i> |
|----------------|--|------------------|---|
| VICEG | Autoestrada urbana (InIR, 2008). | 22m | 5,5m em relação ao eixo central de cada faixa de rodagem + berma lateral. |
| Estradas/Ruas | Arruamentos urbanos; estradas nacionais e vias municipais. | 7m (valor médio) | 3,5m em relação aos eixos de via. |
| A25 | Autoestrada interurbana (InIR, 2008). | 34m | 8,5m em relação ao eixo central da faixa de rodagem + berma. |
| Ferrovias | Linha Ferroviária. | 20m | 10m em relação ao eixo da via. |

Na Carta de Ocupação e Uso do Solo (COS 2007) (DGT, 2007) da zona de estudo, também são representados os espaços associados às infraestruturas de transporte, como a estação ferroviária e os nós de entrada e saída da autoestrada, bem como da VICEG. Considerou-se assim incluir estes espaços no cálculo das respetivas áreas, além da área ocupada pela via, uma vez que são zonas afetadas a cada uma das infraestruturas e por isso sem possibilidade de outro tipo de uso. Na Figura 5.55 apresentam-se as várias infraestruturas de transporte consideradas no cálculo deste indicador e respetivas zonas de ocupação, após a análise espacial com o operador *buffer*.

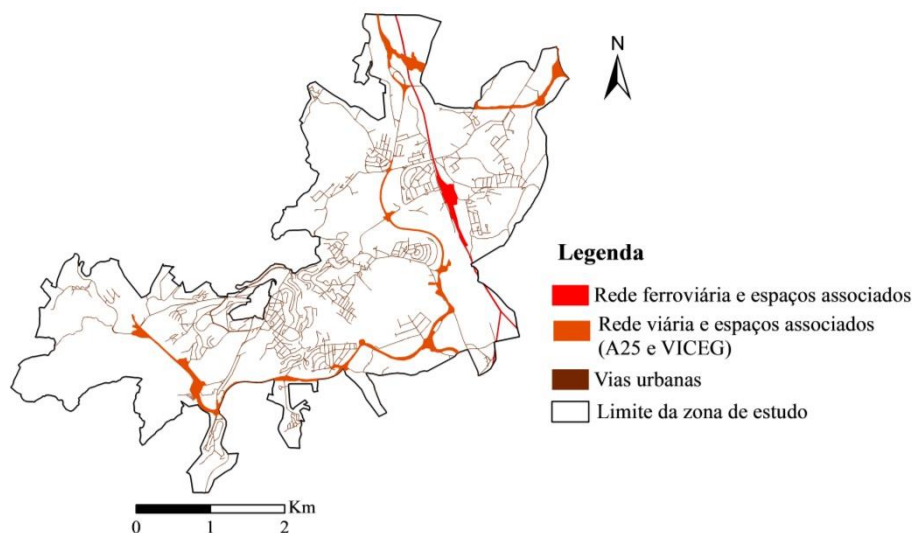


Figura 5.55 - Infraestruturas de transporte e espaços associados

Uma vez que se consideraram bases cartográficas distintas para extrair as referidas infraestruturas de transporte, verificou-se que em alguns locais existia sobreposição de áreas, entre os dados da COS2007 e a área de *buffer* calculada, tendo-se efetuado a respetiva diferença de forma a não duplicar o valor. Assim, para as infraestruturas A25 e VICEG foram tidas em conta as áreas resultantes da COS 2007 por se considerar a mais adequada; para a ferrovia considerou-se a área respeitante à zona da estação ferroviária da COS2007 e também a área relativa ao *buffer* calculado e não sobreposta com a área da estação; para a rede de arruamentos foi considerada a área resultante da análise de proximidade por ter uma única fonte. Na Tabela 5.33 apresentam-se os valores das áreas calculadas, o rácio de ocupação na zona de estudo e a percentagem de ocupação para cada uma das infraestruturas.

Tabela 5.33 – Área ocupada pelas infraestruturas de transporte e espaços associados

| Infraestrutura e espaços associados | Área | Rácio de ocupação | Valores percentuais |
|--|-----------------|-------------------------------|----------------------------|
| VICEG + A25 | 62,49ha | 342,84m ² /ha | 3,43% |
| Vias urbanas | 97,43ha | 534,53m ² /ha | 5,35% |
| Ferrovias | 17,88ha | 98,10m ² /ha | 0,98% |
| Total | 177,80ha | 975,47m²/ha | 9,75% |






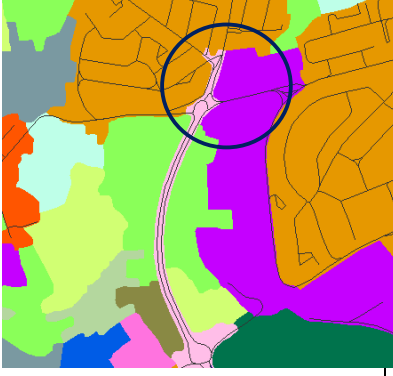
De acordo com os valores apresentados na Tabela 5.33 constata-se que as vias urbanas são a infraestrutura que ocupa maior área na zona de estudo, o que se justifica por serem as principais acessibilidades urbanas aos diversos lugares e bairros existentes. Considerando a Equação 4.35 conclui-se que na totalidade as infraestruturas de transporte ocupam uma área de 975,47m² por cada hectare de área da zona de estudo, equivalente a uma taxa de ocupação de 9,75%. Atendendo à Tabela 5.33 e à Figura 5.55, conclui-se que as áreas de ocupação se adequam à hierarquia das infraestruturas consideradas no cálculo do indicador, garantindo alguma equidade no uso do espaço urbano. No entanto, considera-se que a área referente às infraestruturas A25 e VICEG, não sendo a autoestrada A25 uma via urbana, é grande quando comparada com as vias urbanas. Por conseguinte, de acordo com o exposto na Secção 4.3 do Capítulo IV, assumiu-se para a avaliação qualitativa do indicador o valor de 0,80.

D3.2.1 Fragmentação do território pela rede viária

A análise deste indicador apoiou-se no uso e ocupação do solo praticados na zona de estudo e também na rede de infraestruturas viárias. O mapa de uso e ocupação do solo da zona de estudo, apresentado na Figura 5.32, mostra grande diversidade nas classes de cobertura do solo urbano. Relativamente às infraestruturas viárias, a VICEG é a que provoca maior impacto na fragmentação do território urbano. Ao longo desta via, entre as suas margens, verificam-se algumas alterações no tipo de ocupação e uso do solo e também descontinuidade do tecido

urbano. Neste sentido, esta infraestrutura funciona como barreira na continuidade do tipo de ocupação do solo. Na Tabela 5.34 mostram-se exemplos de fragmentação do território urbano provocado pela passagem da VICEG.

Tabela 5.34 - Exemplos de fragmentação na ocupação e uso do solo provocada pela VICEG

| Imagem aérea | Mapa de ocupação e uso do solo |
|--|---|
|  <p data-bbox="842 819 874 853">(A)</p> |  <p data-bbox="304 880 1366 999">Relativamente à ocupação do solo é evidente que a VICEG provoca descontinuidade no tipo de edificado entre os lados Norte e Sul. A Norte o solo é ocupado por tecido urbano contínuo e a Sul por tecido urbano descontínuo, segundo a classificação da COS 2007. Na margem Sul da VICEG verifica-se que o tecido urbano é mais disperso.</p> |
|  <p data-bbox="842 1301 874 1335">(B)</p> |  <p data-bbox="304 1335 1366 1424">Este é mais um exemplo de fragmentação na continuidade do tecido urbano, verificando-se a Sudeste a presença de tecido urbano descontínuo e disperso e a Noroeste tecido urbano contínuo. A VICEG provoca a quebra do tecido urbano contínuo existente na margem Noroeste.</p> |
|  <p data-bbox="842 1821 874 1854">(C)</p> |  <p data-bbox="304 1854 1366 1939">Neste exemplo verifica-se a alteração dos usos existentes em cada uma das margens da VICEG. Na margem Noroeste está presente a ocupação do solo por tecido urbano contínuo e a Este e Sudeste a ocupação por indústria, conforme a classificação das COS 2007.</p> |

Fonte: Imagens de Satélite - Google Maps; DGT (2007)

Outro fator que contribui para o efeito de barreira na ocupação e uso do solo urbano ao longo da VICEG relaciona-se com o relevo, verificando-se que esta infraestrutura ora contorna o relevo ora o rompe. A Figura 5.56 mostra alguns exemplos da descontinuidade topográfica ao longo da VICEG e que pode relacionar-se com a segregação de usos e ocupação do solo.



(1)



(2)



(3)



(4)

Fonte: Google Maps

Figura 5.56 - Exemplos de barreiras topográficas ao longo da VICEG

Dos exemplos apresentados na Figura 5.56, a primeira imagem (1) localiza-se na zona do caso (A) da Tabela 5.34. É evidente a diferença entre os tipos de edificado existente em cada uma das margens, classificado como tecido urbano contínuo e tecido urbano descontínuo. Neste caso, além da VICEG a topografia do local também pode ser um fator diferenciador no tipo de ocupação do solo. Nos exemplos (2) e (3) verifica-se que a VICEG está implantada de forma a contornar o relevo e no exemplo (4) esta infraestrutura corta o relevo. Também para estes exemplos se verifica a diferenciação de usos e ocupação do solo em cada uma das margens. Pode assim concluir-se que a fragmentação na ocupação e uso do solo ao longo desta via não só é provocada pela própria via, como também pelo relevo.

Ainda relativamente à VICEG e tratando-se de uma infraestrutura com perfil de autoestrada urbana, a circulação por modos suaves é dificultada ou proibida. Os únicos pontos possíveis de a transpor localizam-se nas rotundas, elementos agressivos para os peões e impeditivo do atravessamento. Nesta perspetiva, também esta infraestrutura funciona como barreira à circulação de meios de transporte não motorizados, quer veículos quer peões. Dado este impedimento, esta via constitui ainda um elemento de segregação social entre a população que habita ao longo das suas margens.

Quanto à autoestrada A25 o seu grau de fragmentação do território é muito baixo. Esta via ocupa uma pequena parte da zona de estudo onde predominam os usos de mato, vegetação e floresta, ou seja, solo natural e não artificializado. Este facto pode ser um fator que contribui para o fraco nível de fragmentação do território provocado por esta infraestrutura rodoviária. Contudo, esta via poderá representar uma barreira sobre o património natural.

Quanto às restantes ruas urbanas, tratando-se de vias locais, não se reconhece a função de obstáculo para a livre movimentação de peões ou de modos suaves, facilitando a interação social entre a comunidade urbana. Não representam elementos fraturantes da continuidade do tecido urbano, contribuindo para a inclusão da malha urbana.

No contexto da análise apresentada, pode concluir-se que as infraestruturas de transporte da zona urbana em análise têm um nível de impacto pouco elevado sobre o território urbano. Considerando a escala de avaliação apresentada na Tabela 4.3 da Secção 4.3 do Capítulo IV, pode concluir-se que mais de 25% da rede viária não constitui obstáculo no atravessamento e na mobilidade adjacente às vias e não provoca segregação social, mas até 25% contribui para a descontinuidade do tecido urbano e/ou alterações na ocupação e uso do solo. Por conseguinte, este indicador foi qualificado com o valor de 0,75.

D3.3.1.1 Investimentos rodoviários

Para o cálculo do indicador foi consultado o Relatório de Prestação de Contas da Câmara Municipal da Guarda relativo ao ano de 2014. Da consulta, apuraram-se os valores respeitantes às rubricas apresentadas na Tabela 5.35.

Tabela 5.35 – Investimentos em infraestruturas rodoviárias na cidade da Guarda

| Serviço/Centro de Custos | Valor por CC⁶ |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Conservação de Arruamentos Urbanos | 2400131,12€ |
| Conservação de Caminhos Urbanos | 1322,93€ |
| Total | 2401454,05€ |

Fonte: Relatório de Contas da Câmara Municipal da Guarda, ano de 2014

Por aplicação da Equação 4.36, atendendo aos valores de despesa apresentados na Tabela 5.35 e o número de residentes na zona de estudo, calculou-se a despesa *per capita* associada às infraestruturas rodoviárias. Assim, concluiu-se que no ano de 2014 a autarquia despendeu 91,67€ por cada habitante da zona de estudo, para serviços de conservação de arruamentos e caminhos urbanos.

D3.3.1.2 Investimentos para transportes públicos

Na cidade da Guarda, o serviço de transporte público existente é restrito ao autocarro. Os transportes públicos urbanos são da responsabilidade da Empresa Transdev, a qual assegura os serviços de transporte de curta distância. Com o propósito de obter dados que permitissem o cálculo deste subindicador foi consultada a referida empresa, no sentido de disponibilizar a informação necessária. No entanto, apesar dos esforços não foi possível obter os dados solicitados, conforme esclarecimento enviado pela empresa a 28 de janeiro de 2015, que se transcreve: “Não conseguimos identificar um custo específico deste serviço, uma vez que as rubricas de despesas não são separadas por tipo de serviço.”

Conforme exposto na Secção 4.3 do Capítulo IV, na impossibilidade de obter dados a avaliação deste indicador deve ser qualitativa, tendo em conta uma escala de 0 a 1.

Considerando que o nível de satisfação dos utentes pode refletir o nível de investimento neste serviço, a avaliação do indicador baseou-se nas respostas à questão relativa à avaliação global do serviço prestado pelos transportes públicos. Assim, com base nas respostas obtidas ao inquérito realizado à população residente na zona de estudo, procedeu-se à avaliação do indicador. Deste modo, atendendo aos valores apresentados na Tabela 29.4 do Anexo D,

⁶ O Custo de um Bem ou o Custo de um Serviço pode designar-se por Centro de Custos (CC). Neste sentido, um bem ocorrerá de entre um conjunto de móveis e imóveis possíveis de quantificar na inventariação municipal através de construção, de aquisição ou de grande reparação. Considera-se um serviço a partir de um conjunto de atividades inerentes aos objetivos do município, com vista à satisfação das necessidades diretas ou indiretas dos munícipes (CMG, 2014).

conclui-se que 47,6% dos inquiridos mostram-se satisfeitos com o serviço de transporte público. No seguimento, considera-se adequado a atribuição do valor de 0,50 para a avaliação deste subindicador.

D3.4.1 Consumo de espaço público para estacionamento

O cálculo do indicador baseou-se na consulta da base cartográfica urbana cedida pela Câmara Municipal da Guarda e na análise dos inquéritos realizados à população residente na zona urbana da Guarda.

Com base na cartografia urbana foi estimado um valor médio da área ocupada por um lugar de estacionamento em espaço público. Este valor resultou da medição direta de alguns lugares de estacionamento representados cartograficamente. De referir que, esta base cartográfica não representa a totalidade dos lugares existentes na cidade, mas apenas uma amostra de alguns lugares localizados na via pública. Foram medidos lugares de estacionamento perpendiculares à via e paralelos à via. Não foi possível identificar lugares em espinha. As dimensões apuradas foram 2,40mx4,80m para lugares perpendiculares à via e 2mx5,80m para lugares paralelos à via. Pretendendo-se calcular um valor representativo de toda a zona de estudo, considerou-se o valor médio de 2,20mx5,30m para a dimensão de um lugar de estacionamento. Assim, a área apurada para um lugar de estacionamento em via pública na cidade da Guarda é de 11,66m².

Quanto aos restantes elementos necessários para o cálculo do indicador, tempo de estacionamento e taxa de ocupação do carro, foram estimados com base nos resultados dos inquéritos realizados à população da Guarda. A questão 21, referente ao tempo de ocupação de estacionamento, apurou as respostas para o tempo de estacionamento pago e o tempo de estacionamento livre de pagamento. Os respetivos resultados podem ser consultados no Anexo D. Analisando os valores da Tabela 21.1 do Anexo D, conclui-se que a maioria dos inquiridos (52,9%) ocupa diariamente o estacionamento livre de pagamento entre 0 minutos e 30 minutos. Por outro lado, a opção de 60 minutos para a ocupação diária de estacionamento público sem pagamento reúne a segunda maior percentagem de escolhas (26%). Relativamente ao tempo médio diário de ocupação em estacionamento público sujeito a pagamento (Tabela 21.2 do Anexo D), salienta-se o elevado número de respostas relativas à opção “Não se aplica” com um valor de frequência relativa de 45,1%. Este valor é indicativo de que grande parte dos inquiridos não usa estacionamento pago. A opção que reúne maior número de respostas corresponde à opção entre 0 minutos e 30 minutos, com 50% de frequência relativa. Com base nos valores obtidos para todas as opções de resposta, calculou-se a média ponderada pelo número de respostas. Assim, atendendo a que as opções correspondem a intervalos de tempo,

considerou-se para a primeira opção o valor máximo de 30 minutos e para a última opção 90 minutos, tempo superior a 60 minutos. Nas restantes opções considerou-se o valor médio dos tempos indicados. A opção “Não se aplica” não foi considerada para o cálculo da média ponderada, uma vez que se pretende calcular o tempo gasto em estacionamento e esta opção é indicativa de que os inquiridos não usam o estacionamento. Obtiveram-se os seguintes resultados para a média ponderada: 49,21 minutos para o tempo gasto em estacionamento livre de pagamento e 31,88 minutos para o tempo gasto em estacionamento pago. Atendendo a que o número total de respostas para cada uma das questões é igual a 104, calculou-se a média aritmética entre os dois valores calculados a partir da média ponderada para obter o tempo médio gasto em estacionamento. Deste modo, apurou-se que o tempo médio gasto em estacionamento diariamente é igual a 40,55 minutos, ou seja, 0,676 horas.

Quanto ao número de ocupantes por veículo, o cálculo baseou-se nas respostas à questão 17 do inquérito. A análise dos valores apurados para esta questão, apresentados na Tabela 17 do Anexo D, mostra que as três opções relativas a 1, 2 e 3 ocupantes reúnem 95,2% de frequência relativa acumulada das respostas dadas pelos inquiridos. O maior valor de frequência relativa (41,4%) é respeitante a 1 ocupante, seguido da segunda opção para 2 ocupantes com 37,5% de respostas. De notar que o número de respostas para a opção de 5 ocupantes é igual a zero e 1 inquirido responde mais de 5 ocupantes. Foi calculada a média ponderada pelo número de respostas de forma a determinar o valor relativo ao número de ocupantes por veículo. Para o efeito, consideraram-se 6 ocupantes para a opção relativa a mais de 5 ocupantes. O valor obtido para a média ponderada é igual a 1,87. Daqui conclui-se que o número médio de ocupantes por veículo, em cada viagem, é igual a 1,87.

Tendo por base os dados apresentados e a Equação 4.38 referente ao cálculo deste indicador, conclui-se que o consumo individual diário de espaço de estacionamento público é de $4,22\text{m}^2\cdot\text{h}/\text{ocupante}$.

D4.1.1 Distribuição modal por viagem

Para o cálculo do indicador foram realizados inquéritos à população residente na zona urbana, no sentido de apurar os meios de transporte usados habitualmente na circulação dentro da cidade. Colocou-se a questão dividida em viagens realizadas por adultos e por crianças de cada agregado familiar, uma vez que a escolha do meio de transporte depende da sua disponibilidade e também do destino de cada indivíduo.

Os resultados apresentados nas Tabelas 6.1 e 6.2 do Anexo D mostram que o meio de transporte com maior utilização é o automóvel, quer para o transporte de adultos, com um valor de frequência relativa de 96,1%, quer para o transporte de crianças, cuja frequência relativa é

de 72,3%. O transporte público não é opção para a maioria dos agregados familiares inquiridos. Apenas 1% dos adultos e 6,4% das crianças se deslocam por este meio. As deslocações a pé também detêm baixa representatividade, principalmente no que respeita aos adultos, com apenas 2,9% dos inquiridos a optar por este meio de deslocação. Relativamente às deslocações pedonais realizadas pelas crianças, 21,3% deslocam-se por este modo. Conclui-se assim, que dentro da zona urbana as pessoas optam em grande maioria pelo transporte privado, em detrimento de outros meios de transporte, motorizados ou não motorizados.

Considerando que o automóvel ligeiro corresponde ao principal modo de transporte em ambiente urbano, agruparam-se os valores apresentados em duas classes: referentes ao uso do automóvel e ao uso de outros meios de transporte. Esta agregação vai ao encontro da função de normalização proposta para este critério. O cálculo das respetivas percentagens de utilização para cada um dos grupos resultou da soma do número de respostas obtidas para os adultos e para as crianças. Assim, para um total de 150 respostas, 133 usam o carro como principal meio de transporte urbano e 17 usam outros meios de transporte, o que corresponde a 88,7% e 11,3%, respetivamente.

D4.2.1 Acidentes de trânsito

Para o cálculo do indicador foram solicitados à Esquadra de Trânsito da Polícia de Segurança Pública da cidade da Guarda dados respeitantes a acidentes rodoviários ocorridos dentro da zona urbana da Guarda. Os dados disponibilizados correspondem ao período de 01-01-2011 a 30-12-2014 e são compostos por: hora do acidente, tipo de ocorrência, número de mortes, feridos graves, feridos ligeiros, danos materiais, freguesia e identificação da rua em que ocorreu o acidente. O uso de dados relativos a 4 anos permitiu o cálculo do valor médio anual.

Atendendo a que estes dados já foram tratados na análise do subindicador *DI.2.1.1 Acidentes rodoviários*, conforme apresentado na Tabela 5.16, ao longo dos 4 anos ocorreram 1133 acidentes, dos quais resultaram 4 mortos, 27 feridos graves, 246 feridos ligeiros e 921 com danos materiais e sem vítimas humanas. Considerando que o objetivo deste indicador é avaliar o número de acidentes registados anualmente e dos quais resultaram vítimas, feridos ou mortos, as ocorrências das quais resultaram danos materiais não têm interesse para esta avaliação. Neste âmbito, o número efetivo de acidentes que interessa contabilizar é igual a 212 para o período entre 01-01-2011 a 30-12-2014. Dado que este resultado diz respeito a um período de 4 anos, o respetivo valor médio anual resultante é de 53 acidentes de trânsito com vítimas (feridos ou mortes). Por aplicação da Equação 4.39, resulta que o valor médio anual de acidentes de trânsito com vítimas *per capita*, ocorridos na zona de estudo, é de 0,20%.

D4.3.1.1 Número de viagens diárias (Transporte público)

De modo a obter os dados para o cálculo do subindicador realizaram-se inquéritos à população residente na zona urbana da Guarda. A questão colocada direcionou-se para os hábitos de utilização do transporte público pelos adultos e pelas crianças. Para cada questão consideraram-se 5 opções, de forma a quantificar o número de viagens realizadas. Foi ainda colocada a opção “Não se aplica” para os residentes que habitualmente não utilizam o transporte público. As Tabelas 9.1 e 11.1 do Anexo D apresentam os resultados obtidos para estas questões.

A análise dos resultados mostra que grande parte dos inquiridos, adultos e crianças, não têm preferência por este meio de transporte para as suas deslocações na zona urbana. Relativamente à população adulta, 49,1% refere “Não se aplica” o que indica que não viajam em transporte público. No que diz respeito às viagens realizadas por semana pelas crianças em transporte público, 37,5% refere que “Não se aplica”. Quando utilizam o transporte público, quer os adultos quer as crianças, o número de viagens realizadas semanalmente é muito pequeno, com maior percentagem de frequência relativa (45,2% para os adultos e 41,7% para as crianças) para a primeira opção, entre 0 e 4 viagens. Estes resultados, relativos ao número de viagens realizadas semanalmente com maior frequência indicam que grande parte dos inquiridos não usa o transporte público com regularidade.

De forma a calcular um valor médio do número de viagens realizadas semanalmente em transporte público pela população, calculou-se a média ponderada pelo número de respostas para cada opção, quer para os adultos quer para as crianças. Note-se que cada resposta corresponde a uma pessoa que viaja em transporte público. Para o efeito, considerou-se para a primeira opção, entre 0 e 4 viagens, o valor 4 e para a última opção (mais de 20) o número de viagens igual a 25. A opção “Não se aplica” não foi tida em conta para este cálculo, dado ser indicativa de não utilização do transporte público. Para as restantes opções considerou-se o valor médio de viagens de cada intervalo. Obtiveram-se os seguintes resultados relativos à utilização de transporte público por semana: os adultos realizam em média 5,21 viagens e as crianças realizam em média 6,33 viagens. Estes resultados mostram que as crianças usam com mais frequência o transporte público, quando comparados com os adultos.

Admitindo que as viagens em transporte público são realizadas durante os 5 dias úteis da semana, o valor médio de viagens realizadas diariamente é igual a 1,04 para os adultos e 1,27 para as crianças. Por conseguinte, em média cada cidadão residente na zona de estudo e que admite usar o transporte público realiza 1,16 viagens diárias.

De acordo com os resultados expostos, conclui-se que a intensidade de utilização dos transportes públicos por parte da população residente na cidade da Guarda é muito baixa.

D4.3.1.2 Número de viagens diárias (Transporte privado)

Os dados utilizados no cálculo do subindicador resultaram dos inquéritos realizados à população residente na zona urbana da Guarda. À semelhança do subindicador anterior, foram colocadas questões dirigidas aos hábitos de uso do transporte privado por adultos e por crianças. Os resultados das respostas obtidas são apresentados nas Tabelas 9.2 e 11.2 do Anexo D.

A análise dos resultados para o caso dos adultos mostra que a maior percentagem de respostas cai sobre a opção de mais de 20 viagens realizadas semanalmente em transporte privado, com 38,5% de frequência relativa. Apenas 6,7% dos inquiridos afirma realizar entre 0 a 4 viagens semanais e 2,9% dos inquiridos responde que não se aplica, ou seja, não utiliza o transporte privado para se deslocar na zona urbana. Relativamente às viagens das crianças, os resultados são semelhantes, com maior valor de frequência relativa (22,4%) para a opção de maior número de viagens realizadas semanalmente. Neste caso, há maior representatividade de respostas para a opção de não se aplica, com 12,3% de frequência relativa.

O cálculo do subindicador baseou-se na média ponderada pelo número de respostas para cada opção, quer para os adultos quer para as crianças. Foram considerados os seguintes valores de ponderação: 4 viagens para a primeira opção (entre 0 e 4 viagens); 25 viagens para a última opção (mais de 20 viagens); o valor médio de cada intervalo para as restantes opções. A opção “Não se aplica” não foi considerada para o cálculo, dado representar a não utilização do transporte privado. Obtiveram-se os seguintes resultados relativos à utilização semanal do transporte privado: os adultos realizam em média 16,25 viagens e as crianças realizam em média 14,77 viagens.

Admitindo que, em geral a necessidade de realizar viagens na zona urbana é maior durante os 5 dias úteis da semana, logo a incidência no uso do transporte privado é maior nestes dias, considerou-se este número de dias por semana para obter o valor médio diário de viagens. Assim, conclui-se que o número médio de viagens realizadas diariamente em transporte privado é de 3,25 para os adultos e de 2,95 para as crianças. Por conseguinte, em média cada cidadão residente na zona de estudo e que admite usar o transporte privado realiza 3,10 viagens diárias.

Atendendo aos resultados, conclui-se que a intensidade de utilização do transporte privado nas deslocações dentro da zona urbana, quer para os adultos quer para as crianças, é maior comparativamente ao transporte público.

D4.3.2 Utilização de carro privado

A análise deste indicador baseou-se no resultado dos inquéritos realizados à população residente na zona urbana da Guarda. Foram colocadas várias questões no sentido de obter dados para o número de ocupantes por veículo, frequência de utilização do carro privado, motivo da preferência por este meio de transporte e taxa de estacionamento no local de residência.

Relativamente ao número médio de passageiros transportados, resultou que a média de ocupantes por veículo e por viagem é de 1,87, conforme os resultados apresentados e analisados no indicador *D3.4.1 Consumo de espaço público para estacionamento*. Os respetivos valores podem ser consultados na Tabela 17 do Anexo D.

Relativamente ao motivo da preferência pelo transporte privado foi analisada a questão número 16 do inquérito, cujos resultados são apresentados na Tabela 16 do Anexo D. A respetiva análise mostra que as duas principais razões identificadas pelos inquiridos para a preferência por este meio de transporte são: a rapidez na viagem, com 29% dos inquiridos, e a comodidade dos passageiros, com 21,9% de respostas. Os motivos relacionados com o serviço do transporte público também são apontados como causas para a preferência pelo carro privado, com valor da frequência relativa de 17% para ambas as opções respeitantes à ausência de transportes públicos na origem/destino da viagem e horários dos transportes públicos desajustados. Os motivos com menor percentagem de respostas correspondem à segurança no transporte, sendo apontada por apenas 4,9% dos inquiridos, e os fatores referentes a paragens de autocarro demasiado longe e tarifas praticadas nos transportes públicos, indicados por 3,9% e 3,5% dos inquiridos, respetivamente.

De salientar ainda que, conforme exposto no indicador *D4.1.1 Distribuição modal por viagem*, 88,7% dos inquiridos utiliza o veículo privado para efetuar as deslocações dentro da cidade.

Quanto ao tipo de parque de estacionamento utilizado, analisou-se a questão número 3 do inquérito. Os resultados apresentados na Tabela 3 do Anexo D mostram que dos 104 inquiridos, apenas 1 respondeu que o estacionamento é pago no seu local de residência. Estes resultados podem revelar uma política de baixa incidência na aplicação de taxas sobre o estacionamento público, o que poderá ser um atrativo para o uso do transporte privado dentro da cidade.

Para a avaliação do indicador, considerou-se uma escala qualitativa nominal com valores entre 0 e 1, conforme apresentado na Tabela 4.4 da Secção 4.3 do Capítulo IV. Atendendo aos resultados apresentados acima, classificou-se este indicador com o valor 0,25.

D4.4.1 Tempo de viagem

Seguindo a descrição dada pelos autores Berrini *et al.* (2003) para este indicador, foi questionado à população residente na zona urbana da Guarda acerca do tempo gasto diariamente em viagens, considerando todos os meios de transporte usados nas deslocações (privado, público e não motorizado), tendo-se diferenciado as respostas por adultos e crianças. Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 12.1 e 12.2 do Anexo D. A análise dos resultados mostra que, quer os adultos quer as crianças, gastam na sua maioria entre 0 e 29 minutos diários para as suas deslocações. Especificamente, 44,2% dos adultos gastam entre 0 a 14 minutos diariamente em viagens e 37,5% gasta por dia entre 15 a 29 minutos. Comparativamente, 46,3% das crianças gastam entre 0 a 14 minutos e 41,5% gasta entre 15 a 29 minutos por dia em viagens na zona urbana. Os maiores tempos de viagens, superiores a 60 minutos, são os que apresentam menor representatividade, com apenas 2,9% para os adultos e 2,4% para as crianças.

O cálculo do indicador baseou-se na média ponderada pelo número de respostas obtidas, quer para os adultos quer para as crianças. Assim, atendendo a que as várias opções da questão colocada correspondem a intervalos de tempo, consideraram-se os seguintes valores: para a primeira opção o valor máximo, 14 minutos; para a quinta opção o valor de 90 minutos, mais de 60 minutos; para as restantes opções o valor médio do respetivo intervalo de tempo. Em consequência, concluiu-se que os adultos gastam em média 23,16 minutos diários em viagens dentro da zona urbana e que as crianças gastam 22,15 minutos por dia. Desta análise resulta que, o tempo médio gasto em viagens diariamente pela população (adultos e crianças), considerando todos os tipos de transporte (privado, público e não motorizado), é de 22,66 minutos.

D4.4.2.1 Distância média diária percorrida (Viagens motorizadas)

Atendendo a que se pretende analisar a distância média percorrida diariamente em veículos motorizados, e considerando que os meios de transporte deste tipo utilizados para as deslocações pela população residente na zona de estudo, são o transporte privado e o transporte público, foram tidos em conta os mesmos para o cálculo do subindicador. Assim, o cálculo foi dividido em duas partes correspondentes a cada um dos meios de transporte.

Os dados relativos ao transporte público foram disponibilizados pela empresa Transdev, como referido anteriormente, responsável pelo serviço de transporte público urbano na cidade da Guarda. Tendo em conta que, para o cálculo deste subindicador se pretende avaliar a distância percorrida por cada cidadão, interessa apurar o número de utentes do transporte público e não o número de passageiros. Neste sentido, fez-se a seguinte leitura dos dados

disponibilizados: para a tarifa de motorista e título pré-comprado, cada utilização corresponde a 1 cidadão; para os passes, social e estudante, cada unidade corresponde a um cidadão. Assume-se nesta leitura que os utentes relativos aos diferentes títulos são únicos, ou seja, o mesmo cidadão não utiliza diferentes tipos de título. No entanto, o mesmo cidadão pode adquirir mais que um título, mas para este caso os dados não permitem a sua desagregação. Assim, os valores referentes ao cálculo deste subindicador são os seguintes: 38335 cidadãos com tarifa motorista; 72355 cidadãos com título pré-comprado; 4095 cidadãos relativos a passes sociais; 443 cidadãos relativos a passes estudante. No total, ao longo do ano de 2015 foram transportados 115228 cidadãos. Então, em média foram transportados diariamente 315,69 cidadãos. Sabendo ainda que durante este ano foram percorridos por esta frota de transporte 205000km, resulta que em média percorreram 561,64km diariamente. No seguimento, advém que por dia foram percorridos em média por cada cidadão 1,78km em transporte público.

Foram realizados inquéritos a população residente na zona urbana em estudo para apurar os dados para o cálculo do subindicador, relativamente ao transporte privado. A partir das respostas recolhidas foi estimado o valor para o subindicador. Considerando que as questões colocadas estavam direcionadas para residentes na zona urbana definida e tendo em conta que a cidade é de média dimensão, foi colocada diretamente a questão para obter a resposta relativa à distância média percorrida diariamente dentro da zona urbana, dispensando-se assim a elaboração da matriz origem-destino. A questão colocada diferencia a população em adultos e crianças e os resultados constam das Tabelas 13.1 e 13.2 do Anexo D. Analisando as referidas Tabelas, conclui-se que a maior percentagem de respostas cai sobre a opção entre 5km e 9km com 32,7% dos adultos e 37,2% das crianças. De forma a determinar um valor a aplicar para o cálculo do subindicador, foram calculadas as respetivas médias ponderadas pelo número de respostas. Consideraram-se para o efeito a distância máxima para a primeira opção (4km) e para a última opção a distância de 30km, superior a 20km. Para as restantes opções foram consideradas as respetivas distâncias médias, 7km para a segunda opção, 12km para a terceira opção e 17km para a quarta opção. Concluiu-se que os adultos percorrem em média diariamente 11,23km e as crianças 9,37km. Deste cálculo resulta que, em média cada cidadão percorre diariamente 10,30km em transporte privado motorizado.

Dos resultados apurados, concluiu-se que em média cada cidadão percorreu diariamente 12,08km dentro da zona urbana da Guarda.

De salientar a diferença dos resultados apresentados, respeitantes ao transporte público e ao transporte privado, a qual é demonstrativa da fraca utilização do transporte público em detrimento da utilização do transporte privado.

D4.4.2.2 Distância média diária percorrida (Viagens não motorizadas)

De acordo com a Tabela 4.5 apresentada na Secção 4.3 do Capítulo IV, e analisando as condições existentes na zona urbana da Guarda, relativas a incentivo ao uso de modos não motorizados para as deslocações diárias urbanas, conclui-se que a atribuição do *score* 0,75 se ajusta à oferta que a cidade dispõe.

A análise dos inquéritos (Anexo D) realizados a população residente na cidade da Guarda permite concluir que, no geral as deslocações pedonais são preferidas às deslocações por veículos não motorizados, com maior percentagem de cidadãos a praticar este modo de deslocação na zona urbana. No entanto, a distância média percorrida por viagem é superior para as deslocações em veículos não motorizados (bicicleta). Ou seja, as deslocações pedonais são mais frequentes, mas de menor distância. Este modo de deslocação, quer seja por veículos não motorizados ou pedonais, são usadas essencialmente para viagens do tipo não sistemáticas.

D4.5.1 Congestionamento

A avaliação do nível de congestionamento do tráfego sentido pela população da zona urbana da Guarda baseou-se nas respostas à questão 20 do inquérito. Os respetivos resultados são apresentados na Tabela 20 do Anexo D.

Pela análise dos resultados, constata-se que a generalidade dos inquiridos considera que o nível de congestionamento do tráfego na cidade é nada ou moderadamente intenso. Dos inquiridos, 46,1% classifica o nível de congestionamento do tráfego na Guarda de nada intenso, 44,2% de moderadamente intenso e 7,7% de intenso. Apenas 1% diz que o nível de congestionamento do tráfego é muito intenso e 0% extremamente intenso. Estes resultados indicam que a zona urbana da Guarda possui níveis moderados de congestionamento do tráfego motorizado, com tempos mínimos de espera.

Considerando os valores expostos e a escala qualitativa ordinal apresentada na Tabela 4.6 da Secção 4.3 do Capítulo IV, classificou-se o desempenho da cidade da Guarda com o valor de 0,75. Dentro desta perspetiva, pode classificar-se a mobilidade urbana na cidade da Guarda como um modelo muito próximo do sustentável.

D4.6.1 Custos para a comunidade

Atendendo a que na cidade da Guarda não são aplicadas taxas associadas à mobilidade dentro do seu espaço urbano, ou outras formas de condicionamentos à circulação interna na cidade, conclui-se que o custo para a mobilidade urbana suportado pela comunidade é de 0€, ou seja, sem custos para a circulação dentro da cidade.

D4.6.2.1 Despesas para transporte público

De forma a avaliar o subindicador, questionou-se a população sobre o gasto médio anual suportado pelo agregado familiar para o uso de transporte público. Os resultados à questão podem ser consultados na Tabela 28 do Anexo D, referente aos inquéritos realizados à população residente na zona urbana da Guarda.

Os resultados mostram que 79,2% dos inquiridos gasta em média anualmente entre 0€ a 50€ para deslocações em transporte público. Este valor é indicativo da reduzida utilização do transporte público. Verifica-se ainda que 8,3% gasta anualmente entre 101€ a 150€ e igual percentagem responde que despense por ano 151€ a 200€. Apenas 4,2% diz gastar entre 51€ a 100€ e nenhum dos inquiridos gasta mais de 200€ por ano. Calculou-se a média ponderada pelo número de respostas em cada opção, de modo a obter o valor médio para o gasto anual em transporte público por agregado familiar. Tendo em conta que as opções de resposta são intervalos de valores monetários, consideraram-se os seguintes custos associados a cada intervalo das respetivas opções: para a primeira opção considerou-se o valor máximo do intervalo, 50€; para a segunda opção o valor de 75€; para a terceira opção o valor de 125€; para a quarta opção o valor de 175€ e na última opção o valor de 250€. Deste cálculo resultou que, o custo médio anual por agregado familiar para o uso de transporte público é de 67,71€.

Conforme analisado anteriormente, e identificado pelas respostas obtidas aos inquéritos realizados, a frequência de utilização do transporte público na zona urbana da Guarda é muito reduzida, o que justifica o baixo valor despendido anualmente pelas famílias no uso deste meio de transporte.

De forma a melhor avaliar o grau de utilização deste meio de transporte, foi questionado no inquérito sobre a frequência com que as famílias usam o transporte público urbano, diferenciando-se as respostas por adultos e crianças. Os resultados apresentados nas Tabelas 24.1 e 24.2 do Anexo D mostram que 79,8% dos inquiridos adultos responde que nunca utiliza o transporte público e 77,2% das crianças também refere que nunca utiliza este meio de transporte urbano. Dos adultos que admitem usar o transporte público, a maior percentagem (11,5%) afirma que utiliza menos de 1 vez por mês. Quanto às crianças, 7% utiliza todos os dias, 5,2% utiliza 2 a 3 vezes por semana e 5,2% utiliza menos de 1 vez por mês. Perante estes valores, conclui-se que as crianças são utilizadores mais frequentes do transporte público. No geral, constata-se que a utilização do transporte público é muito baixa, como demonstram a reduzidas percentagens obtidas para quem admite alguma vez usar este meio de transporte.

D4.6.2.2 Custo de utilização de veículo privado

Para o cálculo deste subindicador questionou-se a população residente na zona urbana da Guarda sobre os custos mensais em combustível para uso do veículo privado. Os resultados a esta questão são apresentados na Tabela 22 do Anexo D. Pela análise dos resultados verifica-se que a maior frequência de respostas incide sobre o gasto médio mensal entre 51€ a 100€, com 41,3% das respostas. Constata-se ainda que 29,8% afirma gastar mensalmente entre 0€ a 50€ e 21,2% gasta entre 101€ a 150€ por mês. Apenas 7,7% gastam mais de 150€ em combustível por mês. De referir que este valor reflete o gasto mensal para 1 veículo.

O cálculo da despesa média mensal por família em combustível baseou-se na média ponderada pelo número de respostas em cada uma das opções. Atendendo a que as opções de resposta são dadas em intervalos de despesas, consideraram-se os seguintes valores para o cálculo da média ponderada: para a primeira opção o valor máximo do intervalo, 50€; para a segunda opção o valor de 75€; para a terceira opção o valor de 125€; para a quarta opção o valor de 200€. Deste modo, resultou que o gasto médio mensal por agregado familiar para combustível por cada veículo é de 87,74€. Consequentemente, o custo médio anual para combustível por veículo e por família é de 1052,88€.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 5 do Anexo D, calculando a média ponderada pelo número de respostas em cada uma das opções, apurou-se que em média cada família possui 1,90 carros. Refira-se que se considerou o valor de 4 automóveis para a opção de mais de 3 carros. Assim, conclui-se que o custo médio anual para combustível por agregado familiar para a mobilidade urbana é de 2000,47€.

Considerando que a função de normalização deste critério foi calculada tendo por base o custo médio anual por veículo e por família, de modo a manter a conformidade para a normalização do valor calculado para este indicador, entendeu-se que o mesmo devia referir-se a um veículo por agregado familiar, ou seja, 1052,88€ por família como exposto acima.

D4.6.2.3 Custos de estacionamento

A avaliação do subindicador baseou-se nas respostas à questão colocada nos inquéritos realizados à população residente na zona urbana da Guarda, respeitante ao tempo médio diário gasto em estacionamento. Esta questão foi dividida em “Livre de pagamento” e “Sujeito a pagamento”.

Atendendo a que se pretende apurar os custos associados ao estacionamento, para a análise do subindicador considerou-se apenas a componente relativa a estacionamento pago, cujos resultados estão disponíveis na Tabela 21.2 do Anexo D. Os resultados mostram que 50% dos inquiridos admite que tem custos diários associados ao estacionamento, com o tempo médio

diário de ocupação entre 0 e 30 minutos. Por outro lado, 45,1% dos inquiridos responde que não se aplica, ou seja, não efetua gastos de estacionamento no seu dia-a-dia. O método de cálculo do tempo médio diário gasto em estacionamento sujeito a pagamento, efetuado pela média ponderada pelo número de respostas em cada opção, foi exposto no indicador *D3.4.1 Consumo de espaço público para estacionamento*. Da análise efetuada, resultou que o tempo médio diário para estacionamento sujeito a pagamento é de 31,88 minutos.

Considerando que se pretende avaliar os custos associados ao estacionamento e que a tarifa horária do estacionamento na cidade da Guarda é de 0,60€, conclui-se que o custo médio diário para estacionamento é de 0,32€.

D4.6.2.4 Estacionamento residencial

De modo a analisar os custos associados ao estacionamento residencial, foi colocada uma questão neste sentido nos inquéritos realizados a população residente na zona urbana da Guarda. A Tabela 3 do Anexo D apresenta os resultados obtidos a esta questão, verificando-se que 99% dos inquiridos respondem que não e apenas 1% responde que sim. Atendendo ao número reduzido de inquiridos que referem residir em zona de estacionamento pago, considerou-se que o valor apurado não é significativo para servir de cálculo ao indicador. Por conseguinte, foi tido em conta o valor das taxas aplicadas a moradores em zonas de estacionamento pago.

Segundo o Regulamento 159/2015 de 1 de Abril, relativo ao Regulamento Municipal de Trânsito, é atribuído um cartão de residente por habitação a pessoas singulares, o qual confere um título de estacionamento e o direito de estacionar sem limitação temporal, nem reserva de lugar na respetiva zona de estacionamento de duração limitada, mediante o pagamento dos valores previstos no Regulamento de Taxas e Outras Receitas do Município da Guarda. Segundo o Regulamento n.º 74/2016 publicado em Diário da República, 2.ª série - N.º 16/25 de janeiro de 2016, respeitante ao Regulamento de Taxas e Outras Receitas do Município da Guarda, no Artigo 15º é regulado o preço semestral do cartão de residente para moradores em zonas de estacionamento de duração limitada e cujo valor é de 59,86€. Logo, considerando que apenas é concedido um título de estacionamento por habitação, o custo anual de estacionamento no local de residência por agregado familiar é de 119,72€.

D4.7.1 Estacionamento público

Analisando a oferta de estacionamento público existente na zona urbana de estudo, as respetivas políticas associadas, e tendo em conta os níveis de avaliação estabelecidos na escala qualitativa apresentada na Tabela 4.7, da Secção 4.3 do Capítulo IV, atribuiu-se o *score* 0,50 ao indicador.

D4.8.1 Taxas locais

Para o cálculo do indicador foi solicitado à empresa responsável pelo transporte público urbano da cidade da Guarda, Empresa Transdev, SA, a informação relativa aos tarifários praticados. A Tabela 5.36 apresenta os referidos tarifários respeitantes ao ano de 2015.

Tabela 5.36 - Tarifários praticados pelo transporte público urbano (ano de 2015)

| Tipo de tarifário | N.º de unidades | Tarifa praticada (por unidade) | Tarifa por viagem | Tarifa diária (admitindo 2 viagens diárias) |
|---|------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|
| Tarifa Motorista (1 utilização) | 38335 | 1,00 € | 1,00€ | 2,00€ |
| Pré Comprados 10 Viagens | 72355 | 7,50 € | 0,75€ | 1,50€ |
| Passes Urbano Social | 4095 | 23,00 € | 0,38€ | 0,76€ |
| Passes 4_18_A | 443 | 9,20 € | 0,15€ | 0,31€ |
| Passes 4_18_B | ----- | 17,25 € | 0,29€ | 0,58€ |
| Passes SUB_23 | ----- | 9,20 € | 0,15€ | 0,31€ |
| Média ponderada da tarifa diária = 1,81€ | | | | |

Fonte: Transdev, SA - Delegação de Castelo Branco

Relativamente aos valores apresentados na Tabela 5.36, o número de unidades corresponde aos títulos vendidos pela empresa, durante o ano de 2015, para viagens na zona urbana; a tarifa praticada corresponde ao valor de cada título; para os passes, a tarifa por viagem foi estimada considerando que diariamente são realizadas pelo menos duas viagens e a tarifa diária foi calculada atendendo a que o número de dias prováveis de utilização durante um mês é de 30. Refira-se que, de acordo com a informação da empresa, o número de unidades apresentadas, relativas aos títulos pré-comprados, correspondem ao número de passageiros, ou seja, ao número de utilizações, e não ao número de títulos vendidos. Cada título corresponde a 1 utilizador. Quanto ao número de passes de estudante indicado, o mesmo não foi diferenciado pelos vários tipos de passes, pelo que se atribuiu ao valor de passe o mais otimista, ou seja, ao de menor custo.

De acordo com a informação disponível no sítio eletrónico do Instituto da Mobilidade e dos Transportes “O passe 4_18 destina-se a todas as crianças e jovens, dos 4 aos 18 anos, inclusive, que não frequentem o ensino superior, não se encontrem abrangidos pelo transporte escolar estabelecido no Decreto-Lei n.º 299/84, de 5 de setembro e que, sejam beneficiários do Escalão "A" da Ação Social Escolar ou; sejam beneficiários do Escalão "B" da Ação Social Escolar ou; sejam estudantes inseridos em famílias que cumpram o critério estabelecido na alínea c) do n.º 2 do artigo 3-A da Portaria n.º 272/2011, de 23 de setembro, conforme alterada

pela Portaria n.º 36/2012, de 8 de fevereiro ("Passe Social +"). "O passe sub23 destina-se a estudantes do ensino superior, público ou privado, com idade até aos 23 anos, inclusive, que beneficiem da Ação Social Direta no Ensino Superior ou estejam inseridos em famílias que cumpram o critério estabelecido na alínea c) do n.º 2 do artigo 3-A da Portaria n.º 272/2011, de 23 de setembro, conforme alterada pela Portaria n.º 36/2012, de 8 de fevereiro ("Passe Social+")."

De forma a estimar o custo médio diário associado à mobilidade urbana por transporte público, foi calculada a média ponderada da tarifa diária pelo número de unidades. O número de unidades corresponde ao número de utilizadores que adquiriram os respetivos títulos, salvo o referente ao pré-comprado como já explicado. Relativamente ao tarifário pré-comprado, sabendo que o valor apresentado é referente ao número de utilizações e que este tipo de tarifário representa 10 viagens, vem que o número de títulos correspondentes (vendidos) é de 7236.

De acordo com a tarifa diária e o número de utilizadores, resulta que a média ponderada pelo número de unidades vendidas correspondente ao custo médio diário despendido para a mobilidade urbana em transporte público é de 1,81€, admitindo 2 viagens por dia.

D4.9.1 Qualidade do ar

De modo a tratar este indicador, foram analisados os dados recolhidos pelo Laboratório de Monitorização e Investigação Ambiental (LABMIA) do Instituto Politécnico da Guarda e relativos ao ano de 2013. No entanto, considerando que ainda se tratava de um projeto-piloto e que apenas existiu um único ponto de registo situado no *campus* do Instituto Politécnico da Guarda (IPG), uma zona urbana limítrofe e em cuja envolvente existem barreiras topográficas, com tráfego elevado, concluiu-se que as medições não eram representativas da realidade urbana o que impossibilitava a análise global da cidade. Consequentemente, não foi possível calcular este indicador para a respetiva aplicação ao caso de estudo.

D4.9.2 Emissão de gases poluentes

Não foi possível obter dados que permitissem a avaliação deste indicador para a cidade da Guarda. Por conseguinte, este indicador não foi considerado para o cálculo do IEUS para a zona de estudo.

D4.9.3 Resíduos gerados pelo transporte

Tal como no indicador anterior, também para este indicador não foi possível obter dados referentes à zona de estudo da Guarda para a sua avaliação. Consequentemente deixou de ser considerado para o desenvolvimento do caso de estudo.

D4.9.4 Ruído urbano

Para aplicação do indicador ao caso de estudo, foram solicitados à Câmara Municipal da Guarda os respetivos mapas de ruído L_{den} e L_{night} da zona urbana, os quais foram disponibilizados em formato não editável por razões relacionadas com limitação dos direitos de cedência de dados. Não sendo possível editar os mapas de ruído, não foi possível realizar a análise do indicador e consequentemente calcular a percentagem de população residente na zona urbana, exposta a níveis de ruído superiores ao estabelecido pela Diretiva Europeia 2002/49/EC.

D4.10.1 Deslocações pedonais e de bicicleta

A análise do indicador baseou-se em resultados apurados a partir de questões colocadas nos inquéritos distribuídos aos residentes. Estas questões avaliam hábitos do uso de modos suaves para as deslocações dentro da zona urbana.

Relativamente à questão sobre a frequência de utilização de transportes não motorizados dentro da cidade, repartida em respostas dadas por adultos e por crianças, os resultados são apresentados nas Tabelas 30.1.1 e 30.1.2 do Anexo D. Os resultados mostram que 65,6% dos adultos e 74% das crianças responderam que nunca usam transportes não motorizados. Atendendo aos valores da frequência absoluta acumulada, 33 em 96 adultos e 13 em 50 crianças, no total de respostas, afirmam usar alguma vez este meio de transporte. Face a este número de respostas, conclui-se que 31,5% dos inquiridos utilizam alguma vez veículos não motorizados para deslocações na cidade.

Quanto à questão sobre a frequência das deslocações pedonais dentro da cidade, cujos resultados constam das Tabelas 30.2.1 e 30.2.2, os resultados diferem quando comparados com o uso de transportes não motorizados. Verifica-se que a frequência de deslocações pedonais é superior e que os inquiridos que respondem “Nunca” são em menor percentagem, quer para os adultos (13,2%) quer para as crianças (15,2%). Os maiores valores da frequência relativa para os inquiridos que afirmam realizar deslocações pedonais na zona urbana, quer para os adultos quer para as crianças, verificam-se para as três primeiras opções, as quais correspondem a valores de frequência relativa acumulada de 69,4% para os adultos e 76,1% para as crianças. No total das respostas que indicam alguma vez andar a pé, as respetivas frequências absolutas acumuladas são de 85 em 98 adultos e 39 em 46 crianças. De acordo com este número de respostas conclui-se que 86,1% dos inquiridos têm predisposição para se deslocarem a pé na zona urbana. Considerando que o indicador avalia a percentagem de população que anda a pé ou de bicicleta nas suas deslocações dentro da área urbana, o cálculo baseou-se nos valores das frequências absolutas acumuladas para cada um destes modos de mobilidade urbana. Assim, a

percentagem média de população que usa com alguma frequência modos suaves para a sua mobilidade urbana, é de 31,5% para os transportes não motorizados (bicicleta) e 86,1% para as deslocações pedonais. Por conseguinte, resulta que em média 58,8% da população utiliza modos suaves para as suas deslocações dentro da área urbana.

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 31.1 e 31.2 do Anexo D, a respeito do motivo das viagens realizadas em transporte não motorizado e deslocações pedonais, as viagens do tipo não sistemáticas reúnem maior número de respostas. No entanto, as crianças usam com mais frequência este modo de mobilidade urbana para viagens sistemáticas, quando comparados com os adultos. Foi ainda colocada uma questão de resposta aberta para saber das principais razões para não utilizar habitualmente o transporte não motorizado e/ou deslocações pedonais. Foram apontadas como principais razões: falta de tempo, rapidez nas viagens, declives acentuados, distância a percorrer, comodidade e o clima da cidade. Contudo, conclui-se que a maioria da população inquirida identifica potencial disponível para andar a pé ou de bicicleta alguma vez.

D4.11.1 Consumo de combustível

Para o cálculo do indicador, pesquisaram-se dados referentes ao consumo de combustível na zona de estudo. Verificou-se que os dados disponíveis dizem respeito à venda de combustíveis para consumo para todo o município da Guarda, os quais podem ser consultados no sítio eletrónico www.pordata.pt. Os valores de combustível estão dispostos por anos e por tipo de combustível. Para a análise do consumo de combustível selecionaram-se os anos mais recentes disponíveis na base de dados. À data da consulta (28-03-2018) os valores identificados para os anos de 2014 e 2016 eram apresentados como provisórios, pelo que estes anos não foram considerados na análise. Assim, avaliaram-se os dados relativos aos anos de 2011, 2012, 2013 e 2015. A Tabela 5.37 apresenta os valores relativos à venda de combustível em todo o município da Guarda nos anos referidos.

Tabela 5.37 - Venda de combustíveis para consumo (Município da Guarda)

| Tipo de combustível | Toneladas (t) 2011 | Toneladas (t) 2012 | Toneladas (t) 2013 | Toneladas (t) 2015 | Total |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Gás auto (GPL) | 173 | 131 | 110 | 91 | 505t |
| Gasolina sem chumbo 95 | 3893 | 3793 | 3389 | 3244 | 14319t |
| Gasolina sem chumbo 98 | 297 | 274 | 226 | 220 | 1017t |
| Gasóleo rodoviário | 20502 | 19576 | 18825 | 18655 | 77558t |
| Biodiesel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0t |
| Total por ano | 24865t | 23774t | 22550t | 22210t | |
| Média de combustível total vendido nos 4 anos | | | | 23349,75t | |

Fonte: PORDATA; www.pordata.pt consulta realizada a 28-03-2018.

Considerando que os valores apresentados na Tabela 5.37 são referentes à unidade toneladas, foi necessário efetuar a respetiva conversão para a unidade tonelada equivalente de petróleo (tep) de modo a calcular o indicador. Assim, tendo em conta o fator de conversão para cada tipo de combustível e os valores totais apresentados na Tabela 5.37, procedeu-se ao respetivo cálculo. Na Tabela 5.38 mostram-se os resultados.

Tabela 5.38 – Valores do combustível em tonelada equivalente de petróleo (tep)

| Tipo de combustível | Total (t) | Fator de conversão⁷ (t → tep) | Total (tep) |
|-------------------------------|------------------|---|----------------------|
| Gás auto (GPL) | 505 t | 1,099 | 554,995 tep |
| Gasolina sem chumbo 95 | 14319 t | 1,051 | 15049,269 tep |
| Gasolina sem chumbo 98 | 1017 t | 1,051 | 1068,867 tep |
| Gasóleo rodoviário | 77558 t | 1,018 | 78954,044 tep |
| Biodiesel | 0 t | 0,884 | 0 tep |
| Total | | | 95627,175 tep |
| Valor médio dos 4 anos | | | 23906,794 tep |

De acordo com a Tabela 5.38 a média anual de toneladas equivalente de petróleo relativa à venda de combustível no município da Guarda é de 23906,794 tep, considerando os 4 anos analisados.

Tendo em conta que os dados mencionados correspondem ao município da Guarda e que a unidade de medida é tonelada equivalente de petróleo, por ano, por habitante, calculou-se o fator de proporção entre a população residente na zona de estudo (26197 habitantes) e no município (42541 habitantes). Assim, conclui-se que a média anual de energia equivalente do combustível vendido, proporcional à população da zona de estudo é de 14721,945 tonelada equivalente de petróleo. Conclui-se ainda que o valor correspondente a cada habitante da zona de estudo é de 0,562tep/ano/hab.

D4.12.1 Acessibilidade à informação

De modo a analisar o nível de satisfação da população residente na cidade da Guarda, relativamente ao acesso à informação disponível pelo serviço de transporte público urbano, questionou-se nos inquéritos realizados à população sobre o grau de satisfação com o acesso à informação via internet e telefone. Os resultados das respostas obtidas podem ser consultados na Tabela 29.1 do Anexo D. Conforme mostram os resultados, de um modo geral, os inquiridos estão satisfeitos com o serviço de informação disponível por internet e por telefone. Dos inquiridos, 4,7% responde muito satisfeito e 42,9% responde satisfeito. Por outro lado, 23,8% diz estar moderadamente satisfeito e 14,3% dos inquiridos respondem nada satisfeito.

⁷ Fonte: Direção Geral de Energia e Geologia.

Considerando o grupo dos mais satisfeitos conclui-se que 47,6% estão satisfeitos ou muito satisfeitos com o serviço de informação do transporte público.

D4.13.1 Quantidade e qualidade do transporte público

A análise das respostas aos inquéritos realizados à população residente na zona urbana da Guarda facultou os dados para tratar este indicador. Foram colocadas questões relacionadas com: a quantidade da oferta de transporte público; a qualidade da oferta de transporte público; apreciação geral da oferta de transporte público. Os resultados relativos às respostas podem ser consultados nas Tabelas 29.2, 29.3 e 29.4 do Anexo D, respetivamente.

Dos resultados apresentados na Tabela 29.2, constata-se que de um modo geral os inquiridos estão insatisfeitos com os horários e a frequência de autocarros. Dos inquiridos, 36,4% respondem nada satisfeitos com os horários face aos 27,3% dos que se mostram satisfeitos e 4,5% muito satisfeito. Relativamente à frequência dos autocarros, 45,5% respondem nada satisfeito, face aos 22,7% satisfeito e 9,1% muito satisfeito. Quanto à passagem na origem/acesso ao destino, de um modo geral os inquiridos mostram-se satisfeitos, com 36,4% a responder satisfeito e 13,6% muito satisfeito. No entanto, 13,6% estão moderadamente satisfeitos e 9,1% dos inquiridos respondem nada satisfeito. Considerando o grupo dos satisfeitos, relativamente à quantidade de oferta de transporte público, conclui-se que 50% dos inquiridos estão satisfeitos com a passagem na origem/acesso ao destino; 31,8% estão satisfeitos com os horários e com a frequência dos autocarros.

De acordo com os resultados apurados, comprova-se que a frequência de passagem dos autocarros nos locais de paragem é deficitária, assim como os horários disponíveis, o que evidencia pontos fracos do serviço de transporte público, demonstrando que a cobertura do serviço não é suficiente ou não satisfaz as necessidades da população.

Para a avaliação da qualidade de oferta do transporte público colocaram-se 17 questões, de modo a diferenciar o máximo de opiniões sobre a prestação do serviço. De modo a avaliar as respostas obtidas, agruparam-se os resultados, disponíveis na Tabela 29.3 do Anexo D, relativos aos maiores níveis de satisfação (satisfeito, muito satisfeito ou extremamente satisfeito), cujo grupo se designou por satisfeitos. As restantes respostas, referentes aos cidadãos menos satisfeitos, correspondem aos valores complementares aos do primeiro grupo. Por simplificação de leitura estes valores não serão apresentados. A Tabela 5.39 apresenta a síntese dos resultados referentes ao grupo dos cidadãos mais satisfeitos. No final é ainda apresentado o resultado à questão sobre a apreciação global do transporte público.

Tabela 5.39 - Síntese dos resultados da avaliação qualitativa do transporte público

| Itens questionados | Satisfação dos cidadãos (%) |
|--|------------------------------------|
| Pontualidade | 45,5% satisfeitos |
| Rapidez no percurso | 54,5% satisfeitos |
| Facilidade de aquisição de títulos | 45,4% satisfeitos |
| Preço | 31,8% satisfeitos |
| Limpeza dos veículos | 45,4% satisfeitos |
| Oferta de lugares sentados | 49,9% satisfeitos |
| Segurança no transporte | 57,2% satisfeitos |
| Acessibilidade de entrada nos autocarros | 47,7% satisfeitos |
| Climatização dos veículos | 47,7% satisfeitos |
| Informação disponível no interior do veículo | 47,6% satisfeitos |
| Conforto | 52,4% satisfeitos |
| Informação sobre os horários nas paragens | 26,3% satisfeitos |
| Informação sobre os trajetos nas paragens | 40% satisfeitos |
| Localização das paragens | 47,7% satisfeitos |
| Comodidade das paragens | 35% satisfeitos |
| Simpatia dos condutores | 52,4% satisfeitos |
| Apresentação dos condutores | 52,4% satisfeitos |
| Avaliação global do serviço prestado | 47,6% satisfeitos |

Observando as percentagens de satisfação apresentadas na Tabela 5.39, conclui-se que o menor valor cabe à informação sobre os horários nas paragens e o maior diz respeito à segurança no transporte. Considerando os valores apresentados, respeitantes aos resultados obtidos, verifica-se que a média dos inquiridos que estão satisfeitos com a quantidade de oferta do transporte público é de 37,9% e que a média dos que estão satisfeitos com a qualidade de oferta dos transportes públicos é de 43%. No entanto, a apreciação global do serviço prestado é de 47,6% satisfeitos.

Para o cálculo final do valor do indicador considerou-se a média das percentagens dos cidadãos satisfeitos, quer com a quantidade quer com a qualidade de oferta do transporte público. Assim, resultou que 40,5% dos cidadãos estão satisfeitos com o serviço de transporte público.

D5.1.1 Área protegida

Para a análise do indicador pesquisou-se a presença de áreas protegidas dentro da zona urbana de estudo.

O Regulamento dos Espaços Verdes Municipais n.º 585/2011 do município da Guarda, publicado em Diário da República, 2.ª série - N.º 210 - 2 de Novembro de 2011, regulamenta a utilização de parques, jardins e espaços verdes municipais e espécies protegidas. O artigo 3.º estabelece as normas de uso dos espaços de parques, jardins e espaços verdes. No âmbito do referido regulamento municipal, as áreas pertencentes a parques, jardins e espaços verdes

podem ser consideradas áreas protegidas uma vez que existe regulamento próprio para a sua utilização. Assim, entende-se que a área ocupada por parques e jardins existentes na zona de estudo se pode enquadrar no contexto deste indicador, uma vez que se tratam de espaços urbanos cuja vegetação e utilização está protegida por regulamento próprio. No total, estes espaços ocupam uma área de 30,13ha dentro da zona de estudo.

Também no Plano Diretor Municipal (PDM) do Município da Guarda (CMG, 1994), especificamente na Planta de Condicionantes, são identificadas a Reserva Agrícola Nacional (RAN) e a Reserva Ecológica Nacional (REN), as quais constituem zonas protegidas, com restrições. As respetivas áreas foram delimitadas de modo a serem analisadas no âmbito deste indicador. No total, a REN ocupa uma área de 94,57ha e a RAN ocupa uma área de 231,52ha.

A Figura 5.57 apresenta o mapa relativo à distribuição espacial da RAN, da REN e dos parques e jardins dentro da zona de estudo.

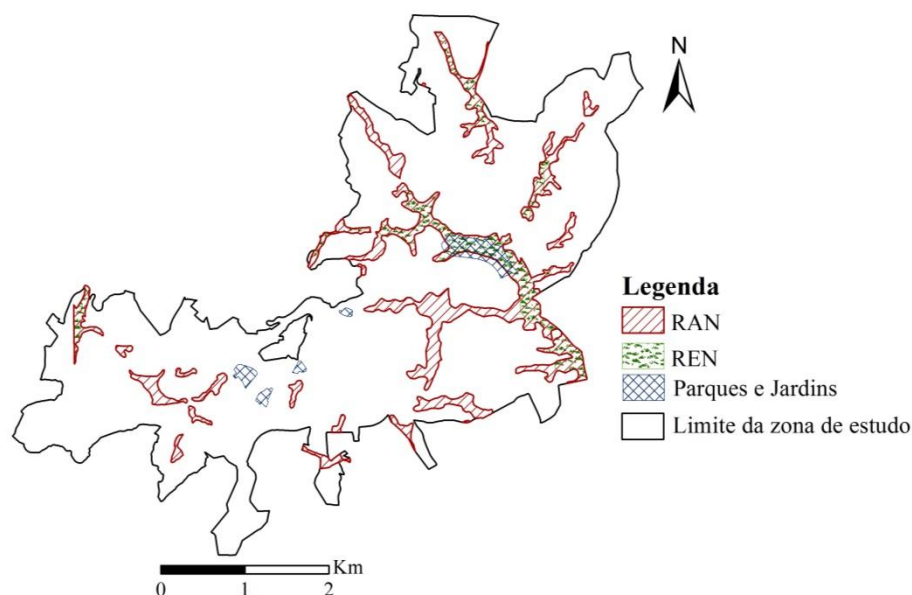


Figura 5.57 – Áreas protegidas existentes na zona de estudo

Para a análise da área ocupada por edifícios nas referidas zonas protegidas, não se consideraram as áreas respeitantes a parques e jardins dado que os edifícios existentes podem ser de apoio às respetivas funcionalidades. Com recurso a ferramentas de análise espacial SIG calcularam-se as áreas ocupadas em cada uma das reservas, REN e RAN. Assim, concluiu-se que a área ocupada por edifícios em zona de REN é de 1,21ha, correspondente a 1,28% da respetiva área. Na zona respeitante a RAN a área ocupada é de 4,56ha, o que corresponde a 1,97% desta zona protegida.

D5.2.1 Gestão de áreas protegidas

Para a análise deste indicador e como referido anteriormente, existe o Regulamento dos Espaços Verdes Municipais N.º 585/2011 do município da Guarda, publicado em Diário da República, 2.ª série, N.º 210 de 2 de Novembro de 2011, que regulamenta a utilização de parques, jardins e espaços verdes municipais e espécies protegidas. Também o Regulamento do Plano Diretor Municipal regula a utilização de áreas protegidas existentes, como a Reserva Ecológica Nacional (REN) e a Reserva Agrícola Nacional (RAN).

Face à existência dos regulamentos em causa e face à definição da REN e da RAN, a Câmara Municipal assume um modelo de gestão das áreas protegidas. Neste contexto e considerando a escala qualitativa ordinal de normalização apresentada na Tabela 4.9 da Secção 4.3 do Capítulo IV, conclui-se que o município dispõe de legislação específica, regulamentos e normas técnicas para a gestão de áreas protegidas, pelo que este indicador foi classificado com um *score* intermédio de 0,50. Contudo, tão importante como existirem regulamentos e normas que regulam a gestão das áreas protegidas, também a sua aplicação deve ser valorizada.

D6.1.1 Riscos naturais

De acordo com a informação recolhida junto da Proteção Civil Municipal da Guarda, os principais riscos na cidade relacionam-se com o transporte de matérias perigosas, quer ligadas ao transporte rodoviário quer ferroviário. No que diz respeito a zonas inundáveis não existem dentro da área urbana, existindo esse problema fora da cidade. No entanto, existem problemas de escoamento de águas. Quanto a áreas de erosão não estão identificadas, e deslizamento de terras há algumas zonas identificadas como um talude da VICEG no qual existe o perigo de deslizamento, desprendimento e queda de material rochoso para a via. Há ainda o perigo de existirem algumas habitações construídas sobre linhas de água e em locais com perigo de derrocada, mas não foi disponibilizada informação sobre a sua localização por questões de alarmismo, como justificado. Existe também o risco de incêndios urbanos, na zona do centro histórico, devido ao estado de degradação de alguns prédios antigos, agravado pelo tipo de material de construção, facilmente inflamável e propagável para outras habitações vizinhas. Refira-se que o centro histórico não faz parte da zona de estudo identificada, de acordo com os objetivos da Tese.

Não existem Planos de Emergência para o Município da Guarda, quer sejam Planos Gerais ou Planos Especiais, conforme informação disponibilizada pela Autoridade Nacional da Proteção Civil.

Existe apenas um Plano Especial de Emergência de Proteção Civil para situações de neve e gelo no distrito da Guarda. Segundo este documento os locais de maior risco são o maciço

central da Serra da Estrela e os lugares acima dos 700 metros de altitude situados nos municípios de Aguiar da Beira, Celorico da Beira, Guarda, Gouveia, Manteigas, Seia, Sabugal e Trancoso. Parte da zona urbana em estudo inclui lugares com altitudes acima do valor referido.

Apesar do exposto não foram relatados pela Proteção Civil Municipal da Guarda a ocorrência de eventos, pelo que o valor do indicador é igual a 0 eventos relacionados com acidentes com origem em fenómenos naturais.

D6.1.2 Vulnerabilidade da população

Conforme referido no indicador *D6.1.1* não foram disponibilizados dados relativos à localização de zonas de risco dentro da área de estudo. No entanto, foi admitido que existem zonas ameaçadas de deslizamento de solos e derrocada.

Considerando que a cidade da Guarda está assente numa zona com declives acentuados e com alterações geomorfológicas bruscas, consultou-se alguma bibliografia no sentido de relacionar as variações do relevo com o nível de risco associado. De acordo com Santos e Fortuna (2005) a suscetibilidade das vertentes e do relevo a riscos geomorfológicos e de erosão pode ser associada a níveis críticos do declive. Segundo estes autores, no que respeita a riscos geomorfológicos, o nível crítico de declive situa-se entre 17,6% a 26,8% para riscos de deslizamento e entre 65,0% a 75,0% para riscos de desabamento. Relativamente a riscos de erosão, estes situam-se acima de declives de 15%, sendo que para declives de 45% consideram-se áreas altamente suscetíveis a rutura e erosão, com elevado risco de erosão hídrica. Para o caso de uso residencial considera-se adequado até ao declive de 15%, tornando-se os custos mais elevados a partir deste valor. Em encostas com declive maior que 25% as condições de implantação são consideradas adversas, sendo que as zonas de risco assentam nas condições de fundação das formações geológicas ocorrentes. Neste contexto e considerando que o relevo é um fator que potencia a ocorrência de desastres naturais, realizou-se a análise espacial de forma a identificar zonas de declive elevado na zona de estudo (Soares *et al.*, 2016). Para o efeito, calculou-se o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o respetivo mapa de declives. A Figura 5.58 mostra os referidos mapas de relevo.

Pela análise do mapa de declives apresentado na Figura 5.58 verifica-se que existem níveis críticos de declive, os quais podem constituir zonas de risco à ocorrência de acidentes, como deslizamento de solos ou erosão. No entanto, apesar da identificação destas zonas dentro da área de estudo, não foram facultados dados sobre a localização das zonas de risco por parte da Proteção Civil Municipal da Guarda, por questões de alarmismo público, como justificado.

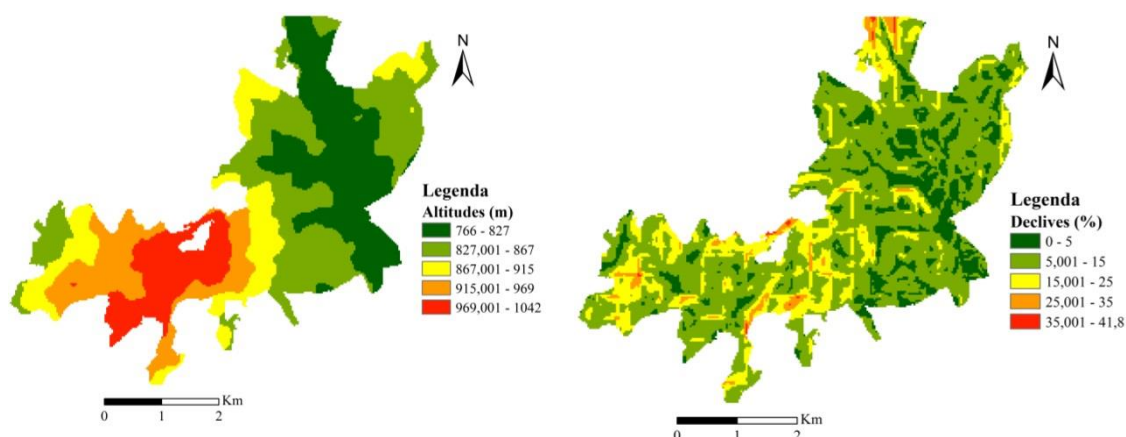


Figura 5.58 – Modelo digital de terreno e mapa de declives da zona de estudo

Por outro lado, entende-se que a simples identificação de declives elevados poderá não ser suficiente para o reconhecimento de zonas suscetíveis à ocorrência de desastres naturais. Por conseguinte, entendeu-se não analisar este indicador no âmbito do caso de estudo por se considerar que a informação disponível é insuficiente.

Contudo, atendendo ao histórico de ausência de acidentes desta natureza, pode considerar-se que a zona de estudo é de baixa vulnerabilidade.

D6.2.1 Perdas económicas devido a desastres naturais

Conforme exposto acima no indicador *D6.1.1 Riscos naturais*, não foram identificados eventos relacionados com acidentes naturais na zona urbana da Guarda. Por este motivo, também não foram identificados registos de perdas económicas devido a desastres naturais. Neste contexto, entende-se que na zona urbana da Guarda não se registaram perdas económicas devido a acidentes naturais. Por conseguinte, o valor do indicador é de 0% do PIB *per capita*.

5.3.4 Normalização dos critérios do 3.º nível e do 4.º nível da estrutura hierárquica

Encontrando-se os critérios dos 3.º e o 4.º níveis hierárquicos do modelo de análise multicritério avaliados em conformidade com a respetiva natureza e unidade de medida, e tendo resultado medidas diferentes, antes da respetiva agregação é necessário converter os respetivos valores para uma escala normalizada de *scores* (com valores entre 0 e 1). A aplicação deste processo ao caso de estudo, baseou-se na definição do modelo de normalização proposto para cada critério e apresentado ao longo da Subsecção 4.4.1 do Capítulo IV. A Tabela 5.40 apresenta os *scores* normalizados resultantes para os critérios pertencentes a estes dois níveis da estrutura hierárquica. Os critérios que, por indisponibilidade de dados não foram avaliados, conforme exposto ao longo da Subsecção 5.3.3, não são apresentados na Tabela 5.40 por não integrarem o cálculo do IEUS no âmbito do caso de estudo.

Tabela 5.40 – Scores normalizados para os subindicadores e indicadores avaliados

| SUBINDICADORES | | | INDICADORES | | |
|----------------|--------------------------------|-------------------|-------------|--------------------------------|-------------------|
| ID | Valor calculado | Score normalizado | ID | Valor calculado | Score normalizado |
| D1.1.1.1 | 0,76% | 0,9240 | D1.1.1 | | 0,8376 |
| D1.1.1.2 | 5,42% | 0,7815 | | | |
| D1.1.1.3 | 5,63% | 0,7293 | | | |
| D1.1.1.4 | 95% | 0,9155 | | | |
| D1.2.1.1 | 0,26% | 0,8151 | D1.2.1 | | 0,4075 |
| D1.2.1.2 | 0,80% | 0,0000 | | | |
| | | | D1.2.2 | 46,65% | 0,3644 |
| | | | D1.2.3 | 91,32% | 0,5827 |
| | | | D1.2.4 | 55,80% | 0,6160 |
| D1.3.1.1 | 16,32m ² /hab | 0,3422 | D1.3.1 | | 0,5474 |
| D1.3.1.2 | 0,60 | 0,6000 | | | |
| D1.3.1.3 | 0,70 | 0,7000 | | | |
| | | | D1.3.2 | 40,80% | 0,3850 |
| | | | D1.3.3 | 93,95% | 1,0000 |
| | | | D1.4.1 | 1,56%/ano | 1,0000 |
| | | | D1.4.2 | 40,43% | 0,5275 |
| | | | D1.4.3 | 35,59hab/ha | 0,5957 |
| | | | D2.1.1 | 98,90% | 1,0000 |
| | | | D2.1.2 | 98,90% | 1,0000 |
| | | | D2.2.1 | 32,99€/hab/ano | 0,0000 |
| | | | D3.1.1 | 0,90 | 0,9000 |
| | | | D3.1.2 | 0,80 | 0,8000 |
| | | | D3.2.1 | 0,75 | 0,7500 |
| D3.3.1.1 | 91,67€/hab | 1,0000 | D3.3.1 | | 0,7500 |
| D3.3.1.2 | 0,50 | 0,5000 | | | |
| | | | D3.4.1 | 4,22m ² *h/ocupante | 1,0000 |
| | | | D4.1.1 | 88,7% carro; 11,3% outros | 0,1687 |
| | | | D4.2.1 | 0,20% | 0,9287 |
| D4.3.1.1 | 1,16viag/pes/dia | 0,6339 | D4.3.1 | | 0,3169 |
| D4.3.1.2 | 3,10viag/pes/dia | 0,0000 | | | |
| | | | D4.3.2 | 0,25 | 0,2500 |
| | | | D4.4.1 | 22,66minutos/dia | 0,8454 |
| D4.4.2.1 | 12,08km/dia | 0,7080 | D4.4.2 | | 0,7290 |
| D4.4.2.2 | 0,75 | 0,7500 | | | |
| | | | D4.5.1 | 0,75 | 0,7500 |
| | | | D4.6.1 | 0€ | 0,000 |
| D4.6.2.1 | 67,71€/ano | 0,0000 | D4.6.2 | | 0,3373 |
| D4.6.2.2 | 1052,88€/carro/ família/ano | 0,4596 | | | |
| D4.6.2.3 | 0,32€/dia | 0,0000 | | | |
| D4.6.2.4 | 119,72€/ano | 0,8895 | | | |
| | | | D4.7.1 | 0,50 | 0,5000 |
| | | | D4.8.1 | 1,81€/dia | 0,5791 |
| | | | D4.10.1 | 58,8% | 1,0000 |
| | | | D4.11.1 | 0,562tep/ano/hab | 0,0000 |
| | | | D4.12.1 | 47,6% | 0,4520 |
| | | | D4.13.1 | 40,5% | 0,3100 |
| | | | D5.1.1 | 1,28%REN; 1,97%RAN | 0,0000 |
| | | | D5.2.1 | 0,50 | 0,5000 |
| | | | D6.1.1 | 0 | 1,0000 |
| | | | D6.2.1 | 0%PIB | 1,0000 |

Ao *score* 1 corresponde maior sustentabilidade urbana e, contrariamente, ao *score* 0 corresponde menor sustentabilidade urbana.

Os subindicadores quando combinados calculam o respetivo indicador ao qual se associam. A combinação destes critérios resultou da aplicação do método de agregação por combinação linear pesada (WLC), com atribuição de pesos iguais a todos os critérios pertencentes ao mesmo grupo do respetivo indicador, produzindo soluções de risco neutro e máximo *trade-off*. Deste modo, todos os critérios contribuem de igual forma para o *score* do indicador, o que se considera adequado atendendo a que se trata da agregação de critérios pertencentes a níveis hierárquicos inferiores. Uma vez que o somatório dos pesos é igual à unidade, o *score* final vem calculado na mesma escala dos *scores* normalizados dos critérios.

5.3.5 Cálculo do IEUS para a Cidade da Guarda

Para o cálculo do IEUS consideraram-se os dois métodos para a agregação de critérios: combinação linear pesada (WLC) e média pesada ordenada (OWA). Numa primeira fase, calcularam-se os Domínios por combinação dos respetivos Subdomínios utilizando o método WLC. Na segunda fase, para o cálculo do IEUS aplicou-se o método OWA para a combinação dos Domínios. Para o efeito, consideraram-se seis pontos de decisão (Figura 5.59) com diferentes níveis de risco (*ANDness*) e de *trade-off*, pertencentes ao espetro estratégico de decisão, aproximadamente triangular, definido pela variação da atitude de risco (*ANDness*) e do nível de *trade-off* (Eastman *et al.*, 1998).

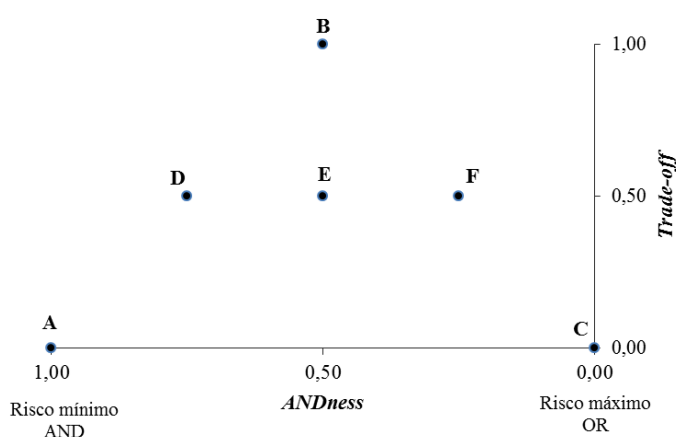


Figura 5.59 – Pontos de decisão (OWA) para o cálculo do IEUS

5.3.5.1 Cálculo dos Domínios por combinação WLC dos Subdomínios

Nesta fase de agregação, correspondente à combinação dos critérios associados a cada Domínio, atribuíram-se pesos iguais a cada grupo de critérios pertencente ao mesmo Domínio,

contribuindo assim todos os Subdomínios de igual forma para o resultado. A Tabela 5.41 mostra os *scores* resultantes da agregação pelo método WLC para os Subdomínios e os Domínios.

Tabela 5.41 – Agregação WLC dos Subdomínios para obter os Domínios

| Domínio | ID | Score | Subdomínio | ID | Score |
|---|-----------|--------------|---|-----------|--------------|
| Dispersão e forma do crescimento urbano | D1 | 0,6704 | Inclusão social | D1.1 | 0,8376 |
| | | | Aspetos sociais | D1.2 | 0,4927 |
| | | | Planeamento e gestão de equipamentos urbanos | D1.3 | 0,6441 |
| | | | Configuração do crescimento urbano | D1.4 | 0,7074 |
| | | | Planeamento e controlo do uso e ocupação do solo | D1.5 | |
| Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2 | 0,500 | Integração das infraestruturas urbanas | D2.1 | 1,00 |
| | | | Manutenção das infraestruturas urbanas | D2.2 | 0,00 |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | Distribuição das infraestruturas de transporte | D3.1 | 0,8500 |
| | | | Efeito de barreira | D3.2 | 0,7500 |
| | | | Manutenção das infraestruturas de transporte | D3.3 | 0,7500 |
| | | | Parqueamento | D3.4 | 1,00 |
| Mobilidade urbana | D4 | 0,4940 | Diversificação modal | D4.1 | 0,1687 |
| | | | Sinistralidade rodoviária urbana | D4.2 | 0,9287 |
| | | | Transporte individual | D4.3 | 0,2835 |
| | | | Tipo de viagem | D4.4 | 0,7872 |
| | | | Fluidez e circulação | D4.5 | 0,7500 |
| | | | Custos para a mobilidade | D4.6 | 0,1686 |
| | | | Lugares de estacionamento | D4.7 | 0,500 |
| | | | Política de tarifário | D4.8 | 0,5791 |
| | | | Controlo dos impactos no meio ambiente | D4.9 | |
| | | | Meios de transporte não poluentes | D4.10 | 1,00 |
| | | | Consumo de recursos naturais | D4.11 | 0,00 |
| | | | Apoio ao cidadão | D4.12 | 0,4520 |
| | | | Disponibilidade e qualidade do transporte público | D4.13 | 0,3100 |
| Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis | D5 | 0,2500 | Localização de zonas ambientalmente sensíveis | D5.1 | 0,000 |
| | | | Formas de ocupação | D5.2 | 0,500 |
| Ocupação de zonas de risco | D6 | 1,000 | Vulnerabilidade | D6.1 | 1,000 |
| | | | Acidentes naturais | D6.2 | 1,00 |

Os Subdomínios *D1.5* e *D4.9* exibidos na Tabela 5.41 não apresentam valores de *score* em consequência da indisponibilidade de dados para o cálculo dos respetivos indicadores de desenvolvimento sustentável, o que inviabilizou o cálculo do respetivo Subdomínio. Por conseguinte, estes dois Subdomínios não contribuem para o cálculo dos respetivos Domínios e consequentemente para o cálculo do IEUS.

No Anexo E apresenta-se a estrutura de cálculo dos Domínios, ao longo de toda a hierarquia do modelo de análise multicritério.

5.3.5.2 Cálculo do IEUS por combinação OWA dos Domínios

Como referido, na segunda fase de agregação dos critérios consideraram-se os seis pontos de decisão apresentados na Figura 5.59, pertencentes ao espaço estratégico de decisão OWA. Para esta fase da análise consideraram-se apenas os Domínios e os respetivos *scores* obtidos na fase anterior. De modo a implementar o método OWA para a agregação dos Domínios, ordenaram-se por ordem crescente os *scores* obtidos na primeira fase para cada Domínio. A Tabela 5.42 apresenta a referida ordenação.

Tabela 5.42 – Ordenação crescente dos *scores* relativos aos Domínios

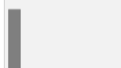

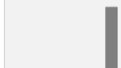



| Domínio | ID | Ordenação dos <i>Scores</i> | <i>Ranking</i> |
|---|----|-----------------------------|----------------|
| Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis | D5 | 0,2500 | 1 |
| Mobilidade urbana | D4 | 0,4940 | 2 |
| Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2 | 0,5000 | 3 |
| Dispersão e forma do crescimento urbano | D1 | 0,6704 | 4 |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | 5 |
| Ocupação de zonas de risco | D6 | 1,000 | 6 |

De acordo com a ordenação dos critérios apresentados na Tabela 5.42, o Domínio D6 possui o maior valor de *score*, ficando por isso em último lugar no *ranking*. Por outro lado, o Domínio D5 tem o menor *score*, apresentando-se em primeiro lugar do *ranking*.

Para cada ponto de decisão definiram-se os respetivos *order weights* de modo a calcular os diferentes níveis de risco (*ANDness*) e de *trade-off*. Este cálculo baseou-se nas Equações 2.8 e 2.9, descritas na Subsecção 2.3.2.3 do Capítulo II.

Na Tabela 5.43 apresentam-se os valores de *ANDness* e de *trade-off* calculados de acordo com os *order weights* definidos para cada um dos seis pontos de decisão.

Tabela 5.43 – ANDness e trade-off para os seis pontos de decisão (OWA)

| Ponto | Order weights | ANDness | Trade-off | Tipo de avaliação | |
|-------|---------------------------------------|---------|-----------|---------------------------------|---|
| A | [1,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00] | 1,00 | 0,00 | Risco mínimo Sem trade-off |  |
| B | [0,167 0,167 0,167 0,167 0,167 0,167] | 0,50 | 1,00 | Risco neutro Trade-off total |  |
| C | [0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 1,00] | 0,00 | 0,00 | Risco máximo Sem trade-off |  |
| D | [0,58 0,084 0,084 0,084 0,084 0,084] | 0,75 | 0,50 | Risco baixo Trade-off médio |  |
| E | [0,00 0,071 0,429 0,429 0,071 0,00] | 0,50 | 0,50 | Risco neutro Trade-off médio |  |
| F | [0,084 0,084 0,084 0,084 0,084 0,58] | 0,25 | 0,50 | Risco alto Trade-off médio |  |

A combinação dos seis Domínios pelo método OWA, considerando os *order weights* em cada ponto de decisão e os respectivos *scores* obtidos para cada Domínio na primeira fase da análise, conduziu ao cálculo dos seis cenários de avaliação do IEUS. O cálculo do *score* final pelo método OWA é dado pela Equação 5.9.

$$Score\ final = \sum_i^n (Score_i \times O_i) \quad (5.9)$$

Onde: n é o número de Domínios; i é a ordem do Domínio no *ranking*; O_i é o *order weight* para o Domínio de ordem i ; $Score_i$ é o *score* obtido para o Domínio de ordem i na primeira fase de agregação. O valor obtido para o *Score final* corresponde, neste caso, ao valor do IEUS.

A Tabela 5.44 apresenta os resultados obtidos para cada cenário de avaliação do IEUS em cada ponto de decisão, de acordo com os *order weights* apresentados na Tabela 5.43 e a Equação 5.9.

Tabela 5.44 – IEUS para cada ponto de decisão (OWA)

| Pontos de decisão | IEUS |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 0,25 (avaliação pessimista) |
| B | 0,625 (WLC) |
| C | 1,00 (avaliação otimista) |
| D | 0,439 |
| E | 0,597 |
| F | 0,811 |

A Figura 5.60 mostra o IEUS obtido para cada cenário de avaliação, de acordo com o espaço estratégico de decisão OWA para os seis pontos considerados na análise.

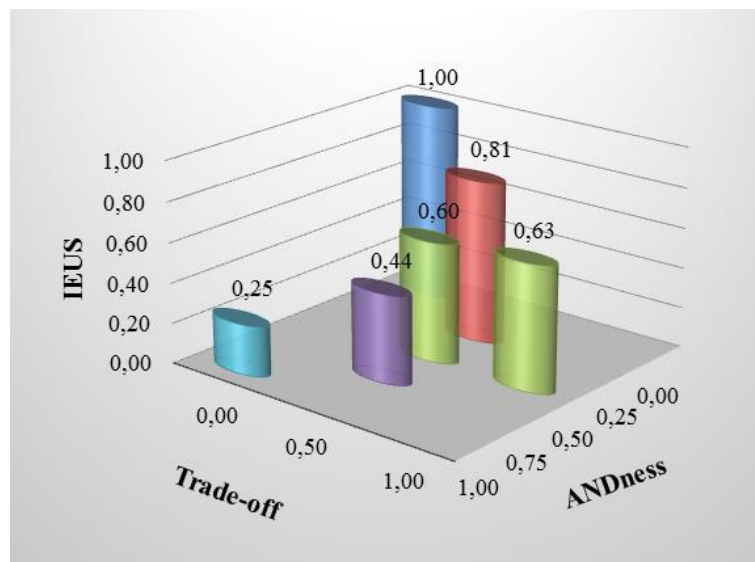


Figura 5.60 – IEUS para cada ponto de decisão (OWA)

5.4 CÁLCULO DOS INDICADORES COMPOSTOS PARA A CIDADE DA GUARDA

De modo a analisar outras dimensões relacionadas com a sustentabilidade urbana e estudar a sensibilidade do modelo suportado nos 6 Domínios identificados, realizou-se a análise parcial por combinação de Domínios, gerando fatores de avaliação designados por indicadores compostos. Os indicadores compostos resultam da agregação parcial e ponderada de Domínios, considerando os métodos WLC e OWA, conforme apresentado na Figura 4.9. Considerando os pontos de decisão apresentados na Figura 5.59, desenvolveu-se a análise de modo a gerar cenários de avaliação relativos aos três indicadores compostos: Coesão Territorial (CT), Mobilidade Urbana Sustentável (MUS) e Sustentabilidade Ambiental (SA).

Para a solução WLC (ponto de decisão B) atribuíram-se pesos iguais a todos os Domínios que integram cada um dos indicadores compostos. Desta forma, todos os Domínios contribuem de igual forma para a respetiva solução. Para as restantes soluções, por aplicação do método OWA consideraram-se os respetivos *order weights* de acordo com cada ponto de decisão, fazendo variar a atitude de risco e de *trade-off*, conforme apresentado na Tabela 5.43.

De seguida apresentam-se as várias soluções obtidas para cada indicador composto. Os valores dos *scores* de cada Domínio considerados para esta análise resultaram da primeira fase da avaliação do IEUS, apresentada na Subsecção 5.3.5.1, Tabela 5.41.

A Tabela 5.45 apresenta o resultado da agregação OWA para a avaliação do indicador composto Coesão Territorial.

Tabela 5.45 – Cenários de avaliação OWA para o indicador composto Coesão Territorial

| Domínios | ID | Score (1.ª avaliação) | Ponto decisão | Order weights | Score final (soma pesada) |
|---|----|--------------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|
| Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2 | 0,5000 | A | 1 | 0,50 (avaliação pessimista) |
| Dispersão e forma do crescimento urbano | D1 | 0,6704 | | 0 | |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0 | |
| Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2 | 0,5000 | B | 0,3333 | 0,669 (WLC) |
| Dispersão e forma do crescimento urbano | D1 | 0,6704 | | 0,3333 | |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0,3333 | |
| Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2 | 0,5000 | C | 0 | 0,838 (avaliação otimista) |
| Dispersão e forma do crescimento urbano | D1 | 0,6704 | | 0 | |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 1 | |
| Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2 | 0,5000 | D | 0,670 | 0,584 |
| Dispersão e forma do crescimento urbano | D1 | 0,6704 | | 0,165 | |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0,165 | |
| Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2 | 0,5000 | E | 0,167 | 0,670 |
| Dispersão e forma do crescimento urbano | D1 | 0,6704 | | 0,665 | |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0,168 | |
| Cobertura das infraestruturas básicas urbanas | D2 | 0,5000 | F | 0,165 | 0,754 |
| Dispersão e forma do crescimento urbano | D1 | 0,6704 | | 0,165 | |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0,67 | |

De forma a melhorar a análise visual dos *scores* obtidos, distribuídos no espaço estratégico OWA definido para a avaliação, efetuou-se a respetiva representação gráfica. Na Figura 5.61 apresentam-se os *scores* para cada cenário de avaliação gerado para o indicador composto Coesão Territorial.

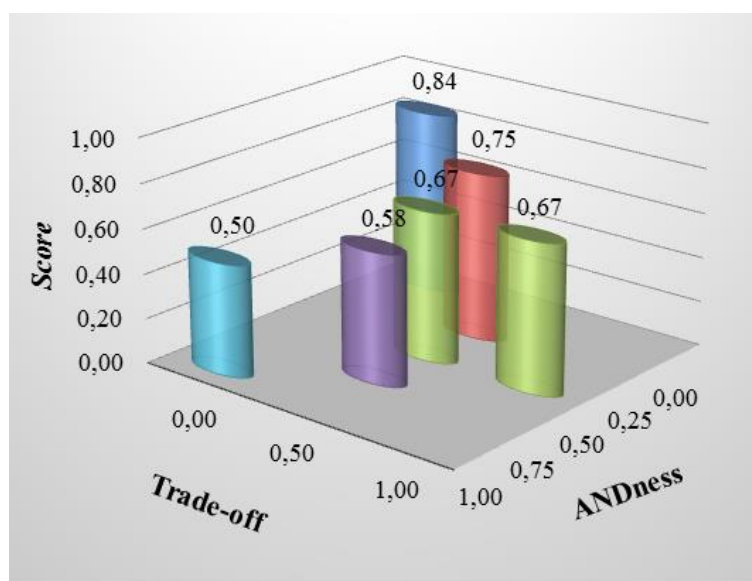


Figura 5.61 – Cenários de avaliação para a Coesão Territorial por ponto de decisão OWA

Tendo em conta que os indicadores compostos Mobilidade Urbana Sustentável e Sustentabilidade Ambiental resultam da agregação OWA de dois Domínios, a definição de *order weights* para o cálculo de níveis intermédios de *ANDness* e *trade-off* é impossível. Por conseguinte, para a avaliação destes dois indicadores compostos não foi considerado o ponto de decisão E. Na Tabela 5.46 apresentam-se os resultados obtidos da agregação OWA para a avaliação do indicador composto Mobilidade Urbana Sustentável e na Figura 5.62 a respetiva representação gráfica.

Tabela 5.46 – Cenários de avaliação OWA para o indicador composto Mobilidade Urbana Sustentável

| Domínios | ID | Score (1.ª avaliação) | Ponto decisão | Order weights | Score final (soma pesada) |
|---|----|-----------------------|---------------|---------------|---------------------------------|
| Mobilidade urbana | D4 | 0,4940 | A | 1 | 0,494 (avaliação pessimista) |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0 | |
| Mobilidade urbana | D4 | 0,4940 | B | 0,50 | 0,666 (WLC) |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0,50 | |
| Mobilidade urbana | D4 | 0,4940 | C | 0 | 0,838 (avaliação otimista) |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 1 | |
| Mobilidade urbana | D4 | 0,4940 | D | 0,75 | 0,580 |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0,25 | |
| Mobilidade urbana | D4 | 0,4940 | F | 0,25 | 0,752 |
| Cobertura das infraestruturas viárias urbanas | D3 | 0,8375 | | 0,75 | |

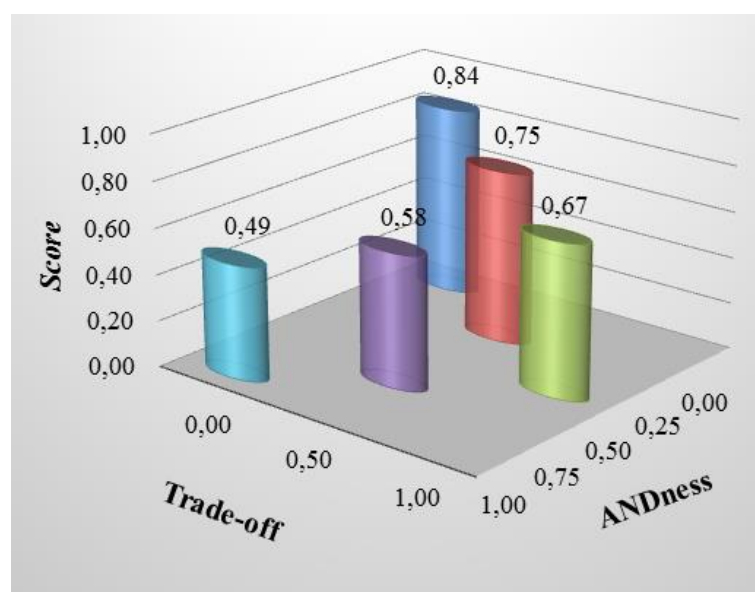


Figura 5.62 – Cenários de avaliação para a Mobilidade Urbana Sustentável por ponto de decisão OWA

Os *scores* resultantes da agregação OWA para a avaliação do indicador composto Sustentabilidade Ambiental são apresentados na Tabela 5.47 e a Figura 5.63 mostra a representação gráfica dos respectivos *scores*.

Tabela 5.47 – Cenários de avaliação OWA para o indicador composto Sustentabilidade Ambiental

| Domínios | ID | Score (1.ª avaliação) | Ponto decisão | Order weights | Score final (soma pesada) |
|--|----|-----------------------|---------------|---------------|--------------------------------|
| Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis | D5 | 0,250 | A | 1 | 0,25 (avaliação pessimista) |
| Ocupação de zonas de risco | D6 | 1,000 | | 0 | |
| Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis | D5 | 0,250 | B | 0,50 | 0,625 (WLC) |
| Ocupação de zonas de risco | D6 | 1,000 | | 0,50 | |
| Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis | D5 | 0,250 | C | 0 | 1,00 (avaliação otimista) |
| Ocupação de zonas de risco | D6 | 1,000 | | 1 | |
| Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis | D5 | 0,250 | D | 0,75 | 0,438 |
| Ocupação de zonas de risco | D6 | 1,000 | | 0,25 | |
| Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis | D5 | 0,250 | F | 0,25 | 0,813 |
| Ocupação de zonas de risco | D6 | 1,000 | | 0,75 | |

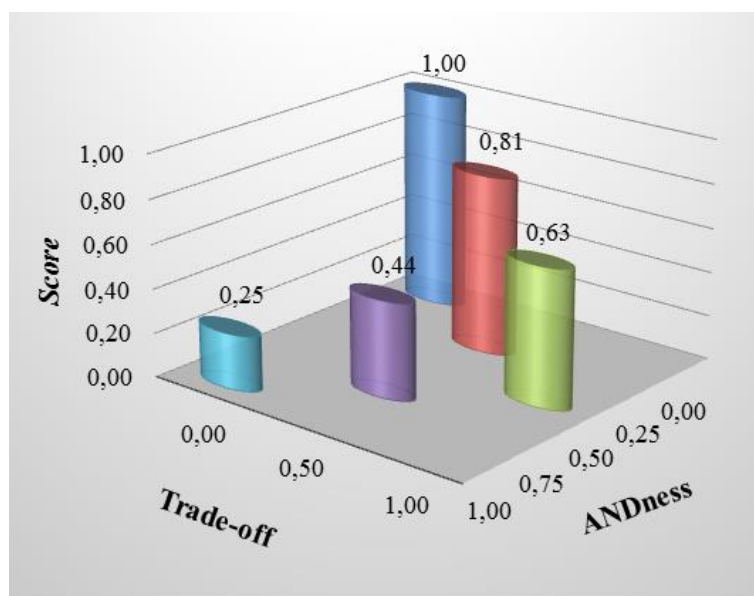


Figura 5.63 – Cenários de avaliação para a Sustentabilidade Ambiental por ponto de decisão OWA

Realizou-se ainda a análise comparativa entre os *scores* obtidos para os indicadores compostos por agregação OWA e o IEUS para os mesmos pontos de decisão. A Figura 5.64 mostra graficamente os respectivos resultados.

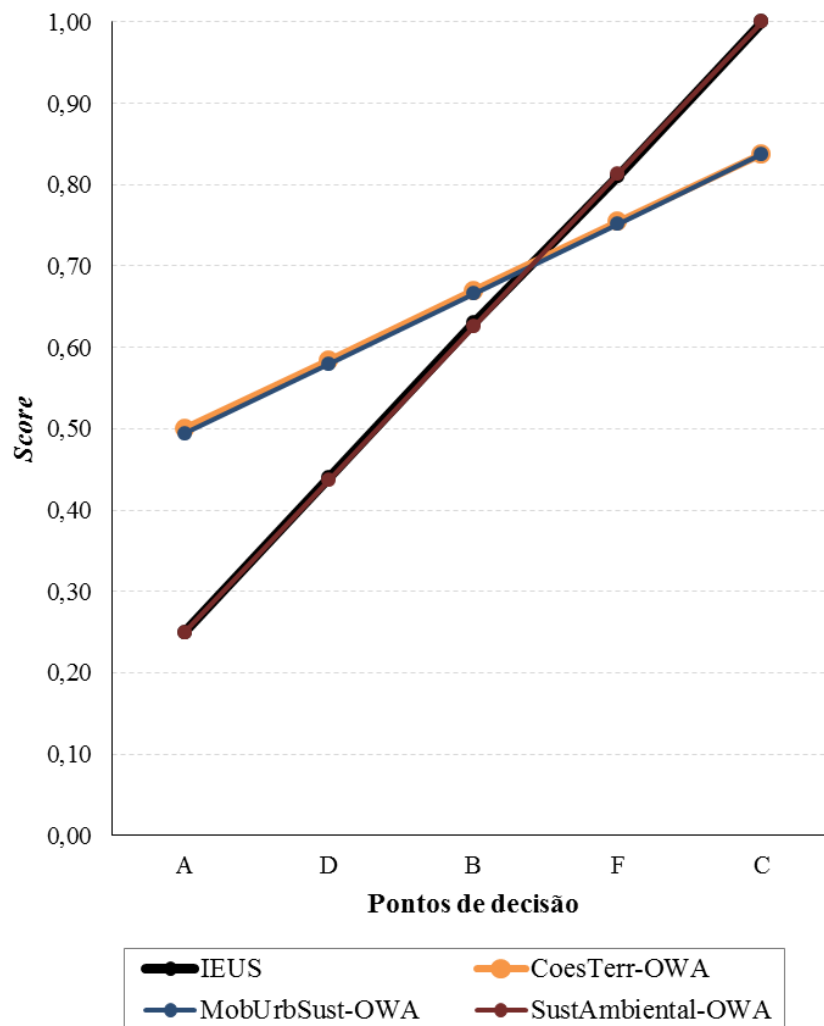


Figura 5.64 – Indicadores compostos (OWA) versus IEUS

Fazendo uma breve análise aos resultados obtidos para a avaliação dos indicadores compostos e tendo ainda em conta a Figura 5.64, conclui-se que o IEUS e o indicador composto Sustentabilidade Ambiental têm resultados iguais para os mesmos pontos de decisão. Verifica-se ainda que os resultados relativos à Coesão Territorial e à Mobilidade Urbana Sustentável são genericamente idênticos.

5.5 CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO PARA A CIDADE DA GUARDA

A combinação linear ponderada dos indicadores compostos gera novos cenários de avaliação. A partir do *score* calculado para cada indicador composto em cada ponto de decisão, apresentados ao longo da Secção 5.4, atribuindo pesos, efetuou-se a respetiva agregação resultando um novo *score* igual à soma ponderada pelos respetivos pesos. A Equação 5.10 expressa o cálculo do novo *score*.

$$Score_j = \sum_{i=1}^n Sc_{ji} \times p_i \quad (5.10)$$

Em que:

n – Número de indicadores compostos ($n = 3$);

Sc_{ji} – *Score* obtido para o indicador composto i no ponto de decisão j ;

$j = A, B, C, D, F$;

$i = CT, MUS, SA$; onde, CT = Coesão Territorial; MUS = Mobilidade Urbana Sustentável; SA = Sustentabilidade Ambiental;

p_i – Peso do indicador composto i .

Com base na Equação 5.10 realizaram-se dois tipos de análise:

1) Agregação linear dos três indicadores compostos ponderados de forma igual (pesos iguais);

2) Agregação linear dos três indicadores compostos ponderando de forma separada cada indicador composto com maior peso. Assim, considerou-se como maior peso a atribuir aos indicadores compostos igual a 2/3 por ser um valor superior a 0,50, e 1/6 aos restantes dois indicadores.

De seguida apresentam-se os resultados obtidos para cada análise efetuada. A Tabela 5.48 apresenta os *scores* calculados para cada cenário de avaliação referente a cada ponto de decisão, com atribuição de pesos iguais a todos os indicadores compostos.

Tabela 5.48 – Scores obtidos para cada cenário de avaliação (pesos iguais)

| |
|---|
| <p>Visão globalmente pessimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (pessimista) ponderados de forma igual</p> <p>Score $j = 0,41$; $j = A$; $p_{CT} = 0,3(3)$ $p_{MUS} = 0,3(3)$; $p_{SA} = 0,3(3)$</p> |
| <p>Visão mais pessimista que otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos ponderados de forma igual</p> <p>Score $j = 0,53$; $j = D$; $p_{CT} = 0,3(3)$ $p_{MUS} = 0,3(3)$; $p_{SA} = 0,3(3)$</p> |
| <p>Visão globalmente intermédia resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (WLC) ponderados de forma igual</p> <p>Score $j = 0,65$; $j = B$; $p_{CT} = 0,3(3)$ $p_{MUS} = 0,3(3)$; $p_{SA} = 0,3(3)$</p> |
| <p>Visão mais otimista que pessimista que otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos ponderados de forma igual</p> <p>Score $j = 0,77$; $j = F$; $p_{CT} = 0,3(3)$ $p_{MUS} = 0,3(3)$; $p_{SA} = 0,3(3)$</p> |
| <p>Visão globalmente otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (otimista) ponderados de forma igual</p> <p>Score $j = 0,89$; $j = C$; $p_{CT} = 0,3(3)$ $p_{MUS} = 0,3(3)$; $p_{SA} = 0,3(3)$</p> |

Os *scores* obtidos para os cenários de avaliação referentes a cada ponto de decisão, com atribuição de maior peso ao indicador composto CT são apresentados na Tabela 5.49.

Tabela 5.49 – Scores obtidos para cada cenário de avaliação (maior peso para CT)

| |
|---|
| <p>Visão globalmente pessimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (pessimista) ponderando com maior peso CT</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,46$; $j = A$; $p_{CT} = 0,6(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |
| <p>Visão mais pessimista que otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos ponderando com maior peso CT</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,56$; $j = D$; $p_{CT} = 0,6(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |
| <p>Visão globalmente intermédia resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (WLC) ponderando com maior peso CT</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,66$; $j = B$; $p_{CT} = 0,6(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |
| <p>Visão mais otimista que pessimista que otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos ponderando com maior peso CT</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,76$; $j = F$; $p_{CT} = 0,6(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |
| <p>Visão globalmente otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (otimista) ponderando com maior peso CT</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,86$; $j = C$; $p_{CT} = 0,6(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |

A Tabela 5.50 mostra os resultados obtidos para cada cenário de avaliação, em cada ponto de decisão, com atribuição de maior peso ao indicador composto MUS.

Tabela 5.50 – Scores obtidos para cada cenário de avaliação (maior peso para MUS)

| |
|--|
| <p>Visão globalmente pessimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (pessimista) ponderando com maior peso MUS</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,45$; $j = A$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,6(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |
| <p>Visão mais pessimista que otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos ponderando com maior peso MUS</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,56$; $j = D$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,6(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |
| <p>Visão globalmente intermédia resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (WLC) ponderando com maior peso MUS</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,66$; $j = B$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,6(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |
| <p>Visão mais otimista que pessimista que otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos ponderando com maior peso MUS</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,76$; $j = F$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,6(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |
| <p>Visão globalmente otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (otimista) ponderando com maior peso MUS</p> <p style="text-align: center;">Score $j = 0,86$; $j = C$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,6(6)$; $p_{SA} = 0,1(6)$</p> |

Na Tabela 5.51 mostram-se os resultados obtidos para cada cenário de avaliação, em cada ponto de decisão, com atribuição de maior peso ao indicador composto SA.

Tabela 5.51 – Scores obtidos para cada cenário de avaliação (maior peso para SA)

| |
|---|
| <p>Visão globalmente pessimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (pessimista) ponderando com maior peso SA</p> <p>Score $j = 0,33$; $j = A$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,6(6)$</p> |
| <p>Visão mais pessimista que otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos ponderando com maior peso SA</p> <p>Score $j = 0,49$; $j = D$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,6(6)$</p> |
| <p>Visão globalmente intermédia resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (WLC) ponderando com maior peso SA</p> <p>Score $j = 0,64$; $j = B$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,6(6)$</p> |
| <p>Visão mais otimista que pessimista que otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos ponderando com maior peso SA</p> <p>Score $j = 0,79$; $j = F$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,6(6)$</p> |
| <p>Visão globalmente otimista resultante da agregação linear dos 3 indicadores compostos (otimista) ponderando com maior peso SA</p> <p>Score $j = 0,95$; $j = C$; $p_{CT} = 0,1(6)$; $p_{MUS} = 0,1(6)$; $p_{SA} = 0,6(6)$</p> |

Na Figura 5.65 apresentam-se graficamente os *scores* obtidos para cada cenário de avaliação, quando comparados com os resultados do IEUS (Tabela 5.44) para os mesmos pontos de decisão.

Da análise da Figura 5.65 constata-se que os cenários de avaliação com maior peso para a Coesão Territorial (CT) e para a Mobilidade Urbana Sustentável (MUS) têm resultados genericamente iguais, apresentando menor variação entre o resultado pessimista (ponto de decisão A) e o otimista (ponto de decisão C) quando comparado com os cenários de avaliação resultantes da atribuição de pesos iguais a todos os indicadores compostos e também com os cenários de avaliação resultantes da atribuição de maior peso ao indicador composto Sustentabilidade Ambiental (SA). Verifica-se ainda que os cenários de avaliação resultantes da atribuição de maior peso ao indicador composto SA e o IEUS apresentam maior dispersão entre os valores pessimista e otimista comparativamente aos outros cenários.

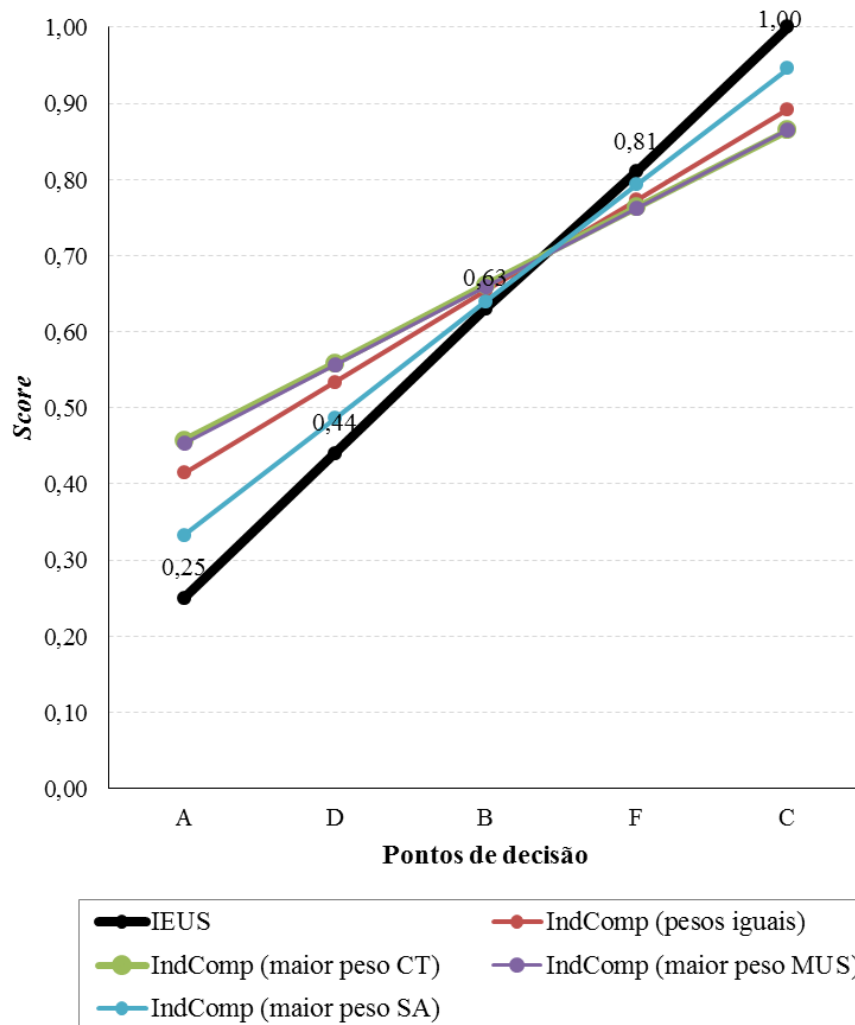


Figura 5.65 – Cenários de avaliação versus IEUS

Comparando as Figuras 5.64 e 5.65 conclui-se que o comportamento do IEUS é condicionado pelo desempenho da SA, sendo os valores intermédios dos indicadores compostos CT e MUS absorvidos pela SA. Ao atribuir maior peso aos indicadores compostos MUS e CT aumenta a variação entre os *scores* obtidos no ponto A (pessimista) e no ponto C (otimista), relativamente aos respetivos resultados do cálculo OWA. Contrariamente ao MUS e CT, o indicador composto SA melhora o desempenho (aumenta o *score*) no ponto A e diminui no ponto C, quando comparado com o *score* obtido pela agregação OWA.

5.6 CONCLUSÃO

A aplicação do modelo de análise multicritério para o cálculo do IEUS para a cidade da Guarda gerou diferentes cenários de avaliação, de acordo com os pontos de decisão considerados na análise. Atendendo a diferentes níveis de *trade-off* e *ANDness* para a

combinação dos critérios, obtiveram-se valores de *scores* para o IEUS que permitem avaliar a sustentabilidade urbana na zona de estudo.

Foi ainda realizada a análise parcial para o cálculo dos três indicadores compostos (Coesão Territorial, Mobilidade Urbana Sustentável e Sustentabilidade Ambiental), de modo a avaliar o nível de contribuição de cada uma destas dimensões para a sustentabilidade urbana. Estas três dimensões resultaram da combinação OWA de Domínios para os seis pontos do espaço triangular de decisão.

Para a análise do IEUS consideraram-se dois níveis de análise. No primeiro nível avaliou-se o IEUS segundo a combinação OWA dos Domínios, obtendo-se seis resultados de acordo com cada ponto de decisão considerado. No segundo nível, analisou-se o desempenho do IEUS considerando a combinação linear ponderada dos indicadores compostos e os *scores* obtidos para os indicadores compostos. Desta segunda fase, resultaram diferentes cenários de avaliação possibilitando realizar a respetiva análise comparativa. Os diferentes cenários de avaliação gerados permitem realizar a análise de sensibilidade, no sentido de verificar os impactos das variações dos *scores* obtidos nas diferentes avaliações realizadas, sobre a análise global e setorial do índice. Deste modo, é possível identificar possíveis áreas de intervenção visando a sustentabilidade urbana na zona de expansão da cidade da Guarda.

A aplicação do modelo de análise multicritério à cidade da Guarda exigiu o desenvolvimento de uma metodologia para determinar e delimitar o perímetro urbano e a zona urbana consolidada da cidade. Destes dois limites calculados definiu-se a zona de estudo, correspondente à zona urbana menos consolidada e que inclui a zona de expansão.

O cálculo dos indicadores e subindicadores que compõem o modelo de análise multicritério revelou-se a tarefa mais exigente e demorada, principalmente pela dificuldade em obter os dados necessários para o respetivo cálculo, oriundos de diferentes fontes, obrigando a percorrer várias instituições, que nem sempre responderam de forma célere. Também a diversidade dos dados analisados para a aplicação da metodologia de cálculo dos vários subindicadores e indicadores de desenvolvimento sustentável, exigiu uma pesquisa cuidada de modo a extrair a informação necessária a aplicar.

Considerando os dados disponíveis para o cálculo dos subindicadores e indicadores de desenvolvimento sustentável para o cálculo do IEUS para a cidade da Guarda, foi possível avaliar 90,5% do total dos subindicadores e 86,4% dos indicadores. Assim, dos 21 subindicadores que compõem o modelo de análise multicritério não foram avaliados 2 (*DI.1.1.5* e *DI.1.1.6*) integrantes do indicador *DI.1.1 Justiça social*. Relativamente aos indicadores, do total de 44 não foram avaliados 6: o indicador *DI.5.1* do Domínio D1; 4 indicadores do

Domínio D4 (*D4.9.1, D4.9.2, D4.9.3 e D4.9.4*); 1 indicador do Domínio D6 (*D6.1.2*). Consequentemente, não foram avaliados o Subdomínio *D1.5 Planeamento e controlo do uso e ocupação do solo* e o Subdomínio *D4.9 Controlo dos impactos no meio ambiente*. Contudo, foi possível avaliar todos os Domínios do IEUS para a cidade da Guarda.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 INTRODUÇÃO

O processo de decisão, com variação do nível da atitude de risco e de *trade-off*, permite estabelecer a comparação entre os resultados obtidos, de modo a identificar as variáveis com pior ou melhor desempenho para a ação. Neste sentido, analisaram-se os resultados obtidos na aplicação do modelo de análise multicritério à cidade da Guarda. Esta análise tem por objetivo avaliar o nível de desempenho da cidade relativamente aos padrões de sustentabilidade estabelecidos no modelo e identificar as dimensões a melhorar. O nível de desempenho que cada fator ou critério apresenta para a cidade é transmitido pelo respetivo *score* obtido, encontrando-se este definido numa escala normalizada com valores entre 0,00 e 1,00. Assim, os fatores apresentam níveis de desempenho mau, médio ou bom, em consequência de valores de *score* baixo, médio ou alto, sendo que o nível de desempenho aumenta com o valor de *score*. Deste modo, *scores* mais altos correspondem a bom desempenho e *scores* mais baixos a menor nível de desempenho do fator avaliado.

Analisaram-se todos os critérios que integram a estrutura hierárquica do modelo e que foram avaliados no âmbito do caso de estudo. Assim, realizou-se a análise exaustiva de todos os subindicadores, indicadores, Subdomínios e Domínios, atendendo ao respetivo *score* obtido. Analisaram-se ainda os *scores* dos indicadores compostos, resultantes da agregação setorial dos Domínios. Por último, efetuou-se a análise de sensibilidade de todos os resultados obtidos. Portanto, a análise de resultados apresentada ao longo deste Capítulo baseou-se nos resultados obtidos para o caso de estudo, apresentados no Capítulo V, na definição do IEUS apresentada no Capítulo IV e na definição dos subindicadores e dos indicadores de desenvolvimento sustentável apresentada ao longo do Capítulo III.

6.2 SUBINDICADORES E INDICADORES

Ao longo desta Secção apresenta-se a análise dos *scores* obtidos para os subindicadores e indicadores de desenvolvimento sustentável e consequente contributo para o nível de desempenho referente à sustentabilidade urbana. Considerando que o IEUS contempla Subdomínios resultantes de um único indicador de desenvolvimento sustentável, o respetivo nível de sustentabilidade urbana obtido para o Subdomínio resulta diretamente do *score* normalizado do indicador.

Na Figura 6.1 apresentam-se graficamente os *scores* normalizados obtidos para os subindicadores e indicadores, que quando agregados resultam nos respetivos Subdomínios.

Considerando a representação dos *scores* normalizados apresentados na Figura 6.1 é fácil identificar os que possuem melhor ou pior desempenho. Tendo por base o desempenho relativo de cada um dentro do respetivo Subdomínio e Domínio, efetuou-se a análise dos subindicadores e dos indicadores integrados em cada Domínio conforme os resultados apresentados no Capítulo V.

Para o Domínio D1, que avalia a dispersão e a forma do crescimento urbano, os indicadores *DI.3.3* e *DI.4.1* apresentam *score* máximo. Relativamente ao indicador *DI.3.3* o bom resultado advém da grande percentagem de população, superior a 90%, que reside a menos de 300 metros de algum serviço básico (serviços de saúde, serviços escolares ou pontos de recolha de resíduos de óleo), mostrando que a população da cidade da Guarda está bem servida no que respeita à distribuição dos serviços básicos considerados na análise do indicador. Para o indicador *DI.4.1*, apesar de no último período de 10 anos (2001-2011) a evolução demográfica ter decaído, para o período total analisado 1991-2011 a evolução demográfica para a cidade foi positiva (1,56%/ano), o que permite atingir para o intervalo definido o *score* 1,00 no processo de normalização. Como se verificou, o nível de desempenho da zona urbana de estudo, relativamente à disponibilidade de serviços básicos e também da evolução demográfica é muito bom. O desempenho destes dois indicadores reflete o desenvolvimento que a cidade da Guarda tem por ser capital de Distrito, já que possui um elevado e importante nível de serviços prestados à sua população e mantém um volume de população estável, uma vez que funciona como polo de atração em relação às vilas e aldeias que se situam na sua zona de influência.

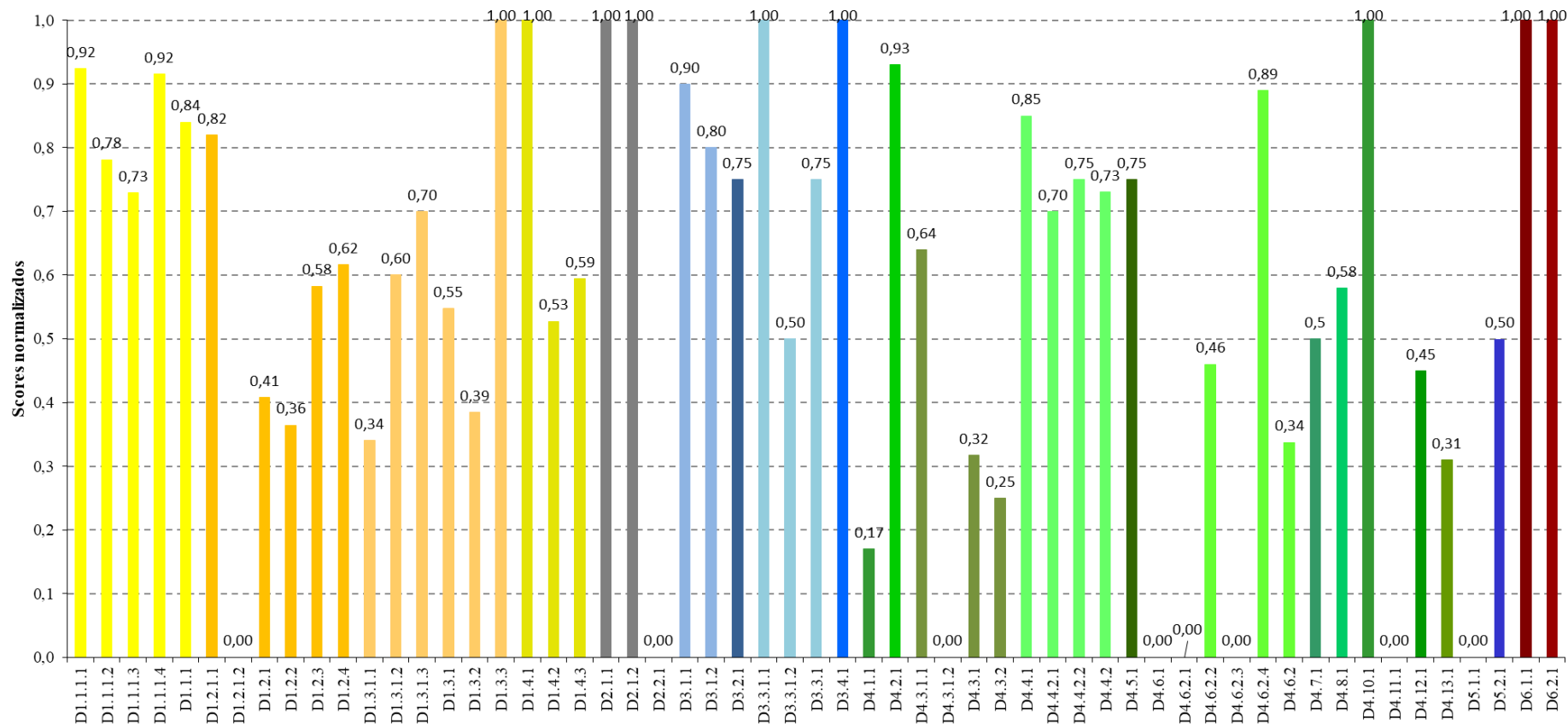


Figura 6.1 – Scores normalizados dos subindicadores e dos indicadores para o cálculo do IEUS

Por outro lado, no que se refere à segurança urbana, o subindicador *DI.2.1.2* relativo à criminalidade apresenta desempenho nulo para a cidade, com *score* igual a 0,00, dado a percentagem de população afetada anualmente por algum crime considerado violento. O valor em si não é muito elevado (0,80%), só que segundo os padrões identificados para o processo de normalização é superior ao dobro do valor médio da percentagem de população afetada por crimes violentos. Assim, o desempenho deste subindicador reflete que há alguma ameaça para a segurança urbana da população, que deve ser combatida. Por conseguinte, assumindo como referência os valores definidos na normalização, a cidade deverá fazer um esforço no sentido de melhorar a segurança urbana e combater os crimes violentos, de forma a diminuir a percentagem de população afetada por esse tipo de crimes. Consequentemente, o baixo desempenho deste subindicador reflete-se no *score* obtido para o indicador *DI.2.1*, igual a 0,41, uma vez que o subindicador *DI.2.1.1*, que contribui em 50% para o indicador, tem *score* igual a 0,82 em resultado do baixo valor percentual médio anual de população afetada por acidentes rodoviários.

O *score* baixo (0,36) do indicador *DI.2.2*, revela a fraca participação dos cidadãos na vida cívica da cidade, quer em atos eleitorais, quer como membros ativos de associações/coletividades locais. Também o indicador *DI.3.2* apresenta *score* inferior ao desempenho intermédio, com um valor igual a 0,39, em consequência da maioria da população da zona urbana residir a mais de 300 metros de uma área pública aberta, considerados relevantes como espaços propícios à socialização entre os cidadãos. Na mesma linha, o subindicador *DI.3.1.1* tem um desempenho fraco, com *score* igual a 0,34, decorrente de na cidade da Guarda a área total de espaços verdes disponível por habitante ser reduzida (16,32m²/hab), quando comparada com o valor ótimo que foi identificado na normalização deste subindicador (40,0m²/hab ou mais). Outros subindicadores e indicadores têm valores de *score* próximo do valor intermédio de 0,50. O subindicador *DI.1.1.2*, com *score* 0,78, mostra que o nível de desempenho da cidade para a situação de desemprego é bom, com baixo valor percentual de população desempregada; o subindicador *DI.1.1.3*, com *score* 0,73, resulta da reduzida percentagem de população com mais de 10 anos estar privada do acesso à educação, nomeadamente não saber ler nem escrever ou não ter concluído algum nível de ensino, em resultado da evolução a nível nacional da política de educação que se reflete também a nível local e em particular nas cidades de maior dimensão; o *score* igual a 0,84 do indicador *DI.1.1* resulta da agregação dos respetivos subindicadores que o integram e que foram analisados no caso de estudo, mostrando que a cidade promove bem a igualdade de oportunidades para toda a população urbana, evitando a segregação de classes sociais e o aparecimento de zonas urbanas

marginalizadas, havendo por isso bom desempenho do indicador justiça social que reflete uma componente inclusiva da cidade; o nível educacional da população (indicador *DI.2.3*) com *score* 0,58 revela que o nível de alfabetização da população residente com mais de 15 anos está acima da média nacional, tendo por isso um *score* acima do intermédio. Ainda assim, este *score* não é muito alto, dado a grande percentagem de população (91,32%) com mais de 15 anos e alfabetizada apurada para cidade da Guarda, o que se justifica por no processo de normalização se atribuir o *score* máximo à totalidade de população alfabetizada (100%); o indicador *DI.2.4*, com *score* 0,62, identifica a posição satisfatório dos cidadãos em relação ao desempenho do município e da cidade como um lugar para viver e trabalhar; os subindicadores *DI.3.1.2* e *DI.3.1.3* com *scores* 0,60 e 0,70, respetivamente, refletem que se está perante uma cidade com espaços de património e espaços públicos resultantes de vários séculos de desenvolvimento e com raízes históricas; o indicador *DI.4.2*, com *score* 0,53, obtido a partir do apuramento de 40,43% de solo artificializado na zona urbana, demonstra que os níveis de impermeabilização do solo na zona urbana são medianos, devendo no entanto ser feito um esforço para que este fator seja contido à área urbana existente, não aumentando a dispersão de zonas artificializadas e promovendo soluções construtivas que não impermeabilizem os solos; o indicador *DI.4.3* possui um comportamento similar ao indicador *DI.4.2* já que ambos estão relacionados com a ocupação humana do território, apresentando um nível de desempenho semelhante, com *score* igual a 0,59, mostrando que a intensidade de utilização do solo (35,55hab/ha) é de nível intermédio, logo revelador de que a zona urbana apresenta um grau de dispersão também médio com valores médios de densidade de ocupação humana. Por último, no Domínio D1, destacam-se os subindicadores *DI.1.1.1* e *DI.1.1.4* com *scores* superiores a 0,90. O subindicador *DI.1.1.1* possui um desempenho muito bom que reflete as boas condições de habitação da grande maioria da população residente na cidade da Guarda. Já o subindicador *DI.1.1.4* revela que o acesso a serviços de informação por parte da população é quase generalizado, face à elevada cobertura atualmente existente.

Quanto ao Domínio D2, que avalia a cobertura das infraestruturas básicas urbanas, apenas existem dois valores de *score* para os respetivos indicadores, o máximo e o mínimo. Os indicadores *D2.1.1* e *D2.1.2* apresentam o valor máximo de *score* (1,00). Este ótimo desempenho da cidade relativamente a estes indicadores advém de que, quer os sistemas públicos de abastecimento de água, quer os sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais assistem quase na totalidade a população urbana, com 98,9% de população a beneficiar destes serviços. Contrariamente, o valor da despesa ambiental tem desempenho nulo, apresentando-se o indicador *D2.2.1* com *score* igual a 0,00. Este resultado revela que o

investimento associado à valorização das condições ambientais, em particular os custos associados à gestão e proteção ambiental por cada habitante da cidade, tem sido insuficiente. Para melhorar os níveis de desempenho da cidade acerca deste indicador será fundamental incrementar o investimento, nomeadamente: na limpeza, recolha, tratamento e gestão de resíduos sólidos; na distribuição, tratamento e gestão de águas subterrâneas e superficiais; na recolha, tratamento e gestão de águas residuais; de modo a melhorar o comportamento ambiental da cidade e conseqüentemente a sustentabilidade urbana, preservando assim quer a população quer o ambiente. Outros aspetos que podem melhorar este indicador e oferecer melhores serviços de gestão da proteção ambiental, que não foram avaliados no caso de estudo por indisponibilidade de dados, são a proteção contra o ruído e vibrações, a proteção da biodiversidade e paisagem; a proteção e recuperação de solos e a proteção da qualidade do ar e clima.

Relativamente aos indicadores e subindicadores que integram o Domínio D3, respeitante à avaliação da cobertura das infraestruturas viárias urbanas, verifica-se que o subindicador *D3.3.1.1* que avalia os investimentos rodoviários e o indicador *D3.4.1* relativo à avaliação do consumo de espaço público para estacionamento têm *score* máximo (1,00). O bom desempenho do subindicador *D3.3.1.1* na cidade mostra que a despesa *per capita* efetuada pela administração local para o funcionamento e manutenção das vias rodoviárias urbanas é adequado, possibilitando um bom serviço à população.

O indicador *D3.4.1* apresenta ótimo desempenho (*score* igual a 1,00), revelando que o espaço ocupado por hora e por indivíduo em estacionamento por veículos motorizados é reduzido ($4,22\text{m}^2\cdot\text{h}/\text{ocupante}$), relativamente ao valor ótimo definido no processo de normalização ($18,8\text{m}^2\cdot\text{h}/\text{ocupante}$ ou menos), sendo que este resultado é reflexo do reduzido tempo diário de ocupação por lugar de estacionamento indicado pela população nos inquéritos realizados. O subindicador *D3.3.1.2* referente à avaliação dos investimentos para transportes públicos é o que apresenta menor *score* (0,50), no conjunto de todos os indicadores e subindicadores que integram este Domínio, conseqüente do nível médio de satisfação dos utentes com o serviço de transporte público, atendendo a que o mesmo reflete o nível de investimento no serviço. Refletindo o desempenho positivo dos dois subindicadores, *D3.3.1.1* e *D3.3.1.2*, o indicador *D3.3.1* apresenta também bom desempenho, com *score* igual a 0,75. Este resultado revela que o nível de investimento anual pelas autoridades públicas para a manutenção das infraestruturas rodoviárias e para a gestão de frotas dos transportes públicos é bom. No entanto, este bom desempenho deve-se essencialmente ao bom resultado obtido na avaliação dos investimentos rodoviários (subindicador *D3.3.1.1*), devendo haver um esforço

em melhorar o nível de desempenho referente ao investimento para os transportes públicos (subindicador *D3.3.1.2*), com o aumento do mesmo.

O indicador *D3.1.1*, com *score* igual a 0,90, sugere que a estrutura da rede viária é adequada à malha urbana da cidade, possibilitando um nível de cobertura adequado à morfologia urbana. O indicador *D3.1.2*, com desempenho bom (*score* igual a 0,80), evidencia a boa adequação da ocupação do solo pelas infraestruturas de transporte à hierarquia das infraestruturas, com a largura das vias ajustada à respetiva hierarquia, preservando a integridade do uso do espaço urbano. Quanto ao indicador *D3.2.1* que avalia a fragmentação do território pela rede viária, com *score* igual a 0,75, demonstra que na sua grande maioria a rede viária não constitui obstáculo para o atravessamento, para a mobilidade adjacente às vias e não constitui elemento de segregação social. Os resultados analisados mostram que a cidade da Guarda no que respeita às infraestruturas rodoviárias apresenta bom desempenho, com um nível de cobertura e integração adequado à malha urbana. No entanto, deverá haver mais preocupação com o funcionamento dos transportes públicos, de modo a melhorar o nível de desempenho neste setor.

Para o Domínio D4 que avalia a mobilidade urbana, os valores de *score* são muito variáveis. O indicador *D4.10.1* avaliando as deslocações pedonais e de bicicleta, apresenta um excelente desempenho com *score* igual a 1,00, mostrando grande tendência por parte da população em utilizar meios de transporte não poluentes, nomeadamente andar a pé e de bicicleta, ainda que seja em viagens do tipo não sistemáticas. Por outro lado, os indicadores *D4.6.1* relativos à avaliação dos custos para a comunidade e *D4.11.1* referente à avaliação do consumo de combustível, e ainda os subindicadores *D4.3.1.2* relativo ao número de viagens diárias em transporte público, *D4.6.2.1* referente às despesas para transporte público e *D4.6.2.3* respeitante aos custos de estacionamento, têm valores de *score* igual a 0,00, revelando grandes fragilidades da zona urbana a respeito destes fatores. Atendendo a que na cidade da Guarda não são aplicadas taxas para a mobilidade urbana, o que facilita a entrada dos veículos e a sua livre circulação no meio urbano, trazendo para a cidade mais poluição e pontos de conflito entre os veículos e os peões, o nível de desempenho do indicador *D4.6.1* é nulo, considerando o modelo de normalização aplicado a este indicador. No sentido de melhorar este resultado, seria de considerar a aplicação de taxas locais associadas à utilização do veículo automóvel dentro da cidade, como incentivo para reduzir o tráfego urbano e assim melhorar a sustentabilidade urbana. O *score* igual a 0,00, obtido para o indicador *D4.11.1* resulta do elevado consumo de combustível para a mobilidade urbana, o qual compromete os níveis de sustentabilidade urbana, no sentido de que o mesmo se reflete na quantidade de emissão de gases poluentes para a

atmosfera e no consumo dos recursos naturais. De modo a diminuir o consumo de combustível para a circulação urbana, é fundamental que sejam tomadas medidas, nomeadamente relacionadas com a redução do uso do automóvel privado, contribuindo dessa forma para um melhor desenvolvimento sustentável da cidade. O mau desempenho do subindicador *D4.3.1.2* que avalia o número de viagens diárias em transporte privado resulta do elevado número médio de viagens urbanas realizadas diariamente em transporte privado, contribuindo por isso para um nível baixo da sustentabilidade urbana, dadas as consequências nefastas associadas ao excessivo uso de carro privado, conforme já referido. O baixo valor investido anualmente pelos agregados familiares em transporte público reflete-se no *score* (0,00) obtido para o subindicador *D4.6.2.1*, como consequência da fraca utilização deste meio de transporte, mostrando que relativamente a este fator a cidade apresenta mau desempenho. O subindicador *D4.6.2.3* que avalia os custos de estacionamento, também apresenta mau desempenho (*score* igual a 0,00) para a cidade, refletindo um custo médio diário para estacionamento baixo, e por isso sendo um agente promotor do uso do carro dentro da zona urbana. De modo a melhorar este resultado, seria de considerar a revisão dos valores praticados, bem como a quantidade de oferta de estacionamento sem pagamento dentro da cidade. Atendendo aos resultados apresentados com *score* igual a 0,00, considera-se fundamentais que sejam aplicadas medidas no sentido de criar constrangimentos à circulação automóvel dentro da zona urbana, promover o uso de transportes públicos ou meios não poluentes em viagens sistemáticas de modo a diminuir o consumo de combustível *per capita*.

O indicador *D4.1.1* apresenta um valor de *score* baixo (0,17), revelador da quase inexistente prática da distribuição modal por viagem com grande incidência do uso do automóvel particular para as deslocações dentro da cidade, quando comparado com o uso de outros meios de transporte. Este resultado é confirmado pelo baixo valor de *score* obtido (0,25) para o indicador *D4.3.2*, como consequência da grande frequência de utilização do carro privado e do reduzido número de ocupantes por veículo.

Também pela negativa, destaca-se o resultado obtido para o indicador *D4.6.2* que avalia os custos para os agregados familiares, tendo obtido um *score* final igual a 0,34. Este valor é reflexo do baixo desempenho pertencente à despesa média anual suportada pelos agregados familiares para a mobilidade urbana, demonstrada pelos baixos resultados obtidos pelos respetivos subindicadores, nomeadamente os que avaliam as despesas para transporte público (subindicador *D4.6.2.1*, *score* igual a 0,00), os custos de estacionamento (subindicador *D4.6.2.3*, *score* igual a 0,00) e os custos de utilização de veículo privado (subindicador *D4.6.2.2*, *score* igual a 0,46), dado que cada um contribui com o peso de 0,25 para o resultado

final do indicador. O baixo *score* do subindicador *D4.6.2.2* resulta do grande investimento suportado anualmente por cada agregado familiar para combustível, por cada veículo, estando em conformidade com a análise efetuada para o indicador *D4.11.1* relativo à avaliação do consumo de combustível, refletindo-se assim o elevado consumo no aumento do esforço orçamental familiar. Ainda relativamente ao indicador *D4.6.2*, apresenta-se com alto desempenho o subindicador *D4.6.2.4* com *score* igual a 0,89, revelador de que as medidas municipais aplicadas ao estacionamento residencial são adequadas. Neste sentido, ao conferir um cartão de residente por habitação a pessoas singulares, apenas com um título de estacionamento e o direito de estacionar sem limitação temporal, permite obter um bom desempenho para a cidade, dado que esta medida pode ser um desincentivo ao aumento do número de veículos por agregado familiar e conseqüentemente à redução de veículos automóveis dentro da cidade.

Com baixo desempenho, *score* igual a 0,31, o indicador *D4.13.1* referente à avaliação da quantidade e qualidade do transporte público, evidencia que o serviço prestado pelos transportes públicos é pouco funcional, com menos de 50% dos cidadãos satisfeitos com este serviço. Assim, é importante tomar medidas no sentido de tornar o uso do transporte público mais apelativo, melhorando o serviço prestado, a cobertura urbana e a qualidade da oferta. Ainda referente ao serviço dos transportes públicos, o indicador *D4.12.1* que avalia a acessibilidade à informação, obteve *score* igual a 0,45. Este baixo resultado é consequência de menos de 50% da população se mostrar satisfeita com a informação disponibilizada por estes serviços. Assim, entende-se que ao criar medidas que possibilitem melhorar os meios de divulgação e a forma como a informação é disponibilizada, poderá servir de incentivo para a utilização deste meio de transporte. Apesar dos resultados depreciativos obtidos para o serviço do transporte público, o subindicador *D4.3.1.1* relativo à avaliação do número de viagens diárias em transporte público, tem *score* alto (0,64). Este valor revela que o número médio de viagens diárias em transporte público por habitante é satisfatório, devendo no entanto ser incentivado a aumentar. Julga-se que a melhoria dos indicadores *D4.13.1* e *D4.12.1* pode ter influência na melhoria do desempenho deste subindicador, no sentido de que aumentando a quantidade e a qualidade dos transportes públicos, bem como o acesso à informação sobre os mesmos, poderá aumentar o número médio de viagens diárias neste meio de transporte. Como consequência, por um lado do desempenho do subindicador *D4.3.1.1*, e por outro lado do subindicador *D4.3.1.2*, o indicador *D4.3.1* apresenta um *score* final igual a 0,32. Este baixo resultado obtido para o número de viagens diárias realizadas na zona urbana, deve-se essencialmente ao elevado número de viagens realizadas diariamente em transporte privado (subindicador *D4.3.1.2*, com

score 0,00), uma vez que contribui em 50% do valor final deste indicador, penalizando o seu desempenho final.

Os custos médios diários para transportes públicos, avaliados pelo indicador *D4.8.1*, apresentam um *score* igual a 0,58. Este resultado, embora demonstre que as taxas praticadas não são elevadas, poderá ser melhorado com a diminuição do valor associado à tarifa dos transportes públicos, servindo como incentivo ao aumento dos níveis de uso deste meio de transporte e conseqüentemente ao desempenho deste indicador.

O indicador *D4.7.1* que avalia a oferta de estacionamento público, com o *score* igual a 0,50, mostra que a oferta de lugares de estacionamento é medianamente adequada, com políticas que não desincentivam o estacionamento de longa duração, dificultando a rotatividade e as paragens de curta duração, as quais poderão ser remetidas para segunda fila.

A avaliação da distância média diária percorrida na zona urbana por cada cidadão em veículos motorizados, avaliada pelo subindicador *D4.4.2.1*, reflete um *score* alto (0,71), mostrando que as distâncias percorridas diariamente pela população na cidade não correspondem a distâncias curtas o que poderia contribuir para os efeitos nefastos provocados pelo trânsito. Assim, atendendo a que maiores distâncias de percurso contribuem de forma positiva para a sustentabilidade urbana, conclui-se que este subindicador tem bom desempenho. Relativamente à distância média diária percorrida por cada cidadão em modos de transporte não motorizados, avaliada pelo subindicador *D4.4.2.2*, verifica-se que a cidade da Guarda também apresenta um bom desempenho, com *score* igual a 0,75. Este resultado mostra que é exequível praticar a mobilidade urbana em modos não motorizados dentro da zona urbana. A cidade dispõe de alguns espaços exclusivamente pedonais ou de acesso condicionado a veículos motorizados, ainda que reduzidos em número, e alguns equipamentos e infraestruturas que permitem a mobilidade por bicicleta, embora que estejam restritos a algumas zonas da cidade. Assim, seria aconselhável a intensificação destes espaços de modo a incentivar a utilização destes modos de mobilidade. Em consequência do bom resultado obtido para estes dois subindicadores, o indicador *D4.4.2*, no qual os mesmos se integram, apresenta também um bom desempenho para a cidade, com *score* igual a 0,73, mostrando que a estrutura e a vivência urbana permitem percorrer distâncias médias diárias enquadradas num contexto de sustentabilidade urbana.

Ainda relacionado com as viagens realizadas em transporte motorizado, o tempo médio diário despendido por cada cidadão para as suas deslocações na zona urbana, avaliado pelo indicador *D4.4.1*, tem bom desempenho para a cidade, com um *score* igual a 0,85. Este bom resultado advém do tempo curto que é consumido por cada viagem, o qual facilita a mobilidade

urbana e melhora a qualidade de vida da população, com menores tempos de consumo em viagens. De igual modo, o indicador *D4.5.1* que avalia o congestionamento na cidade, também obteve *score* alto (0,75), refletindo que o tráfego na cidade é moderadamente intenso, com boa fluidez, registando-se pontualmente algumas paragens de curta duração. A reduzida percentagem de acidentes de trânsito com vítimas que ocorrem anualmente na zona urbana, avaliada pelo indicador *D4.2.1*, permitiu obter um *score* alto (0,93), sendo um reflexo bastante positivo do modelo de mobilidade existente na cidade. Nesta perspetiva, pode classificar-se o modelo de mobilidade urbana na cidade da Guarda próximo do sustentável.

Relativamente ao Domínio D5 que avalia a ocupação de zonas ambientalmente sensíveis, os dois indicadores que o integram, *D5.1.1* relativo à avaliação da percentagem de área protegida ocupada e *D5.2.1* referente à avaliação da gestão das áreas protegidas, obtiveram o *score* mínimo (0,00) e o *score* intermédio (0,50), respetivamente. Relativamente ao indicador *D5.1.1*, o mau resultado é preocupante no sentido de que evidencia alguma negligência na preservação das áreas protegidas, com incumprimento das normas estabelecidas para a proteção destas áreas, tendo-se verificado em alguns lugares da zona urbana a existência de tipos de ocupação não apropriados, nomeadamente edifícios, em zonas respeitantes à Reserva Agrícola Nacional (RAN) e à Reserva Ecológica Nacional (REN). Quanto ao indicador *D5.2.1*, com desempenho médio, reflete que o município tem alguma preocupação com a gestão das áreas protegidas, dispondo de alguma legislação específica, regulamentos e normas técnicas. No entanto, considera-se que esta deverá ser intensificada e melhor aplicada de modo a aumentar o nível de desempenho do indicador.

Para o Domínio D6 que avalia a ocupação de zonas de risco, os indicadores *D6.1.1* relativo à avaliação de registos de acidentes devidos a riscos naturais e *D6.2.1* respeitante à avaliação das perdas económicas devido a desastres naturais, ambos com *score* máximo (1,00), revelam um ótimo comportamento da zona urbana, sem registos de ocorrências com origem em fenómenos naturais e conseqüentemente, também não existem perdas económicas derivadas.

6.3 SUBDOMÍNIOS

O *score* normalizado obtido para cada Subdomínio, indica o grau em que cada uma destas dimensões contribui para o nível de sustentabilidade a alcançar pelo respetivo Domínio onde se integra. Tendo em conta que alguns Subdomínios têm como base um único indicador de desenvolvimento sustentável, o seu *score* resulta diretamente do *score* alcançado pela análise e cálculo do respetivo indicador. Relativamente aos restantes Subdomínios, com número de indicadores maior que um, atendendo a que no processo de agregação se atribuíram pesos iguais

aos indicadores que integram cada Subdomínio, todos contribuem de igual forma para o resultado final do respetivo Subdomínio.

De forma a facilitar a análise, representaram-se graficamente os *scores* normalizados obtidos para cada Subdomínio, dentro de cada Domínio. Na Figura 6.2 apresentam-se os respetivos gráficos.

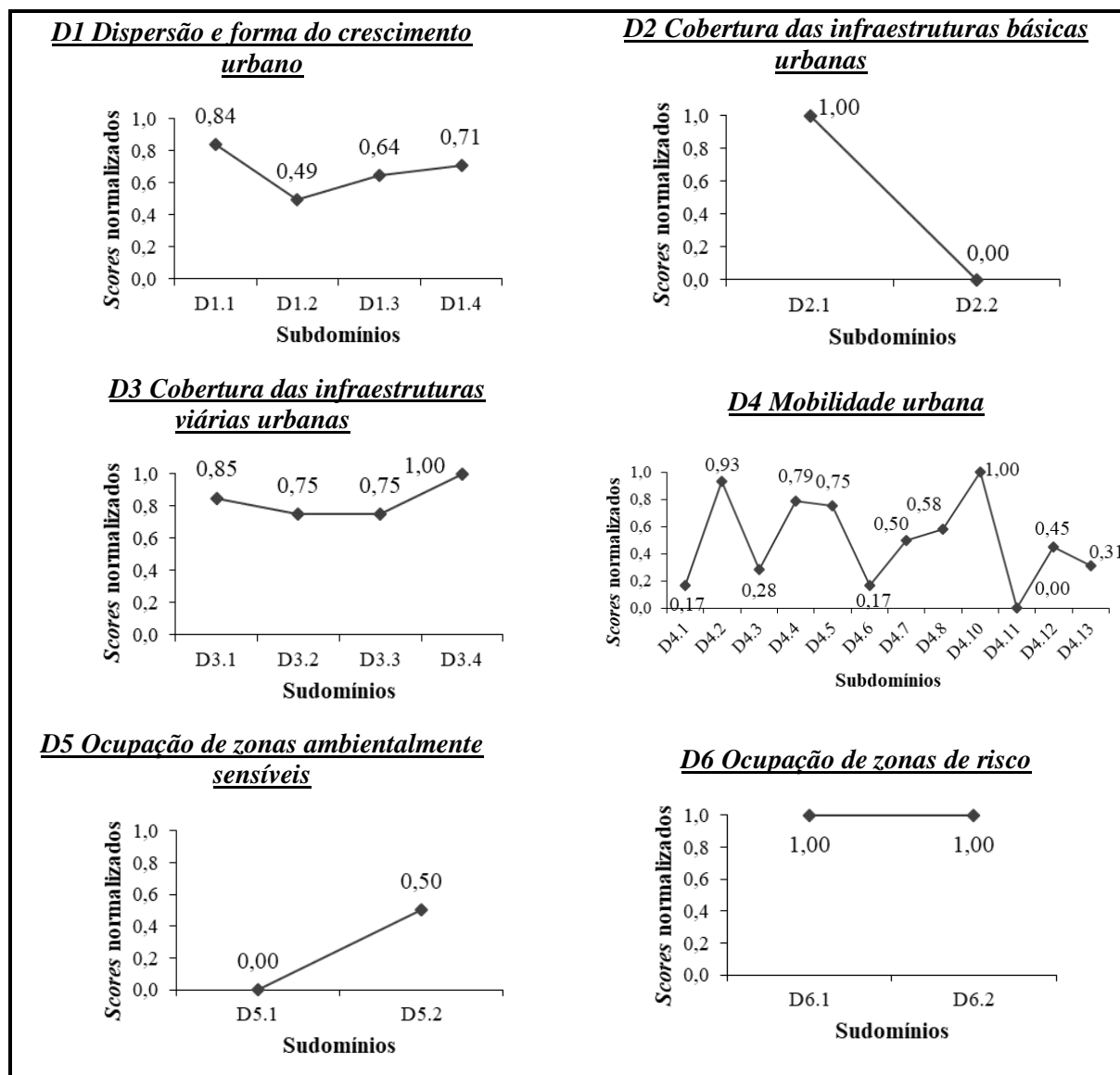


Figura 6.2 – Scores normalizados dos Subdomínios associados a cada Domínio

Considerando os gráficos da Figura 6.2, efetuou-se a respetiva análise de modo a perceber o seu contributo para a sustentabilidade da cidade.

Relativamente ao Domínio D1, no qual se avalia a dispersão e forma do crescimento urbano, verifica-se que o maior *score* (0,84) corresponde ao Subdomínio *D1.1* que avalia a inclusão social. Este valor resulta diretamente do indicador *D1.1.1* relativo à análise da justiça

social, e conclui-se que o desempenho da cidade é bom no que a respeita à inclusão e justiça social. No entanto, ainda relacionado com a análise do desempenho da cidade acerca das condições sociais, verifica-se que existem alguns aspetos sociais que devem ser melhorados, conforme demonstra o baixo *score* obtido (0,49) para o Subdomínio *DI.2*. Essencialmente deve ser feito um esforço em melhorar os aspetos relacionados com a segurança urbana (indicador *DI.2.1*), em especial os níveis de criminalidade registados, aumentando a segurança da população, e a participação e envolvimento dos cidadãos (indicador *DI.2.2*) em atos eleitorais ou em associações locais, conseguindo maior responsabilidade cívica por parte da população. Apesar destes dois indicadores (*DI.2.1* e *DI.2.2*) serem os que apresentam menor *score* (0,41 e 0,36, respetivamente) e por isso penalizarem o desempenho do Subdomínio *DI.2*, também poderá existir um esforço em melhorar os restantes indicadores (*DI.2.3* e *DI.2.4*), uma vez que apresentam *score* próximo do médio, iguais a 0,58 e 0,62, respetivamente. Para o Subdomínio *DI.3* que avalia os fatores relacionados com o planeamento e gestão de equipamentos urbanos, o *score* obtido de 0,64 revela um desempenho satisfatório para a cidade. Ainda assim, o indicador *DI.3.2* avaliando a disponibilidade de áreas públicas abertas ao apresentar um valor de *score* baixo (0,39) deve merecer alguma atenção no sentido de ser melhorado, facultando à população mais espaços públicos com acesso livre. Também o indicador *DI.3.1* relativo a património, espaços públicos e espaços verdes, deve merecer atenção dado o seu nível médio de desempenho, com *score* igual a 0,55, em especial aumentar a área de espaços verdes. Para o Subdomínio *DI.4* que avalia a configuração do crescimento urbano, obteve-se o *score* de 0,71. Este resultado obtido para a cidade mostra que o desempenho a respeito destes fatores é bom, em especial a evolução demográfica cujo *score* é igual a 1,00. Ainda assim, os indicadores *DI.4.2* relativo à avaliação da percentagem de solo urbanizado e *DI.4.3* que avalia a intensidade de utilização do solo apresentam *scores* próximos do médio (0,53 e 0,59, respetivamente) indicando que deve haver alguma precaução na afetação e utilização do solo dentro da área urbana.

Quanto ao Domínio D2, respeitante à avaliação da cobertura das infraestruturas básicas urbanas, verifica-se que os dois Subdomínios que o integram apresentam resultados antagónicos. O Subdomínio *D2.1*, que avalia a integração das infraestruturas urbanas no meio urbano, obteve o valor máximo para o *score* (1,00), revelando uma ótima cobertura destas infraestruturas na malha urbana, servindo quase por inteiro a população residente. Por outro lado, o Subdomínio *D2.2* que avalia a despesa ambiental obteve o valor mínimo para o *score* (0,00), mostrando que ao nível da manutenção das infraestruturas urbanas se tem investido pouco. Assim, considera-se importante que o município aumente o investimento associado à

gestão e manutenção das infraestruturas básicas, no sentido de melhorar o comportamento ambiental da cidade e conseqüentemente a sustentabilidade urbana.

Para o Domínio D3, que avalia a cobertura das infraestruturas viárias urbanas, conclui-se que os Subdomínios que o integram obtiveram *scores* altos, com valores iguais ou superiores a 0,75 indicando que, no que respeita às infraestruturas viárias urbanas a cidade apresenta bom desempenho de sustentabilidade. Um dos *scores* mais baixos (0,75) corresponde ao Subdomínio D3.2 que avalia o efeito de barreira provocado pela rede viária refletindo que, de um modo geral estas infraestruturas não constituem elementos fraturantes do tecido urbano. Também o Subdomínio D3.3 relativo à avaliação da manutenção das infraestruturas de transporte obteve *score* igual a 0,75, como consequência do único indicador que o integra, D3.3.1 referente às despesas anuais para as autoridades públicas. Assim, o resultado final deste Subdomínio é penalizado de forma direta pelo *score* médio (0,50) obtido para o subindicador D3.3.1.2 respeitante aos investimentos para transportes públicos, uma vez que o subindicador D3.3.1.1 referente aos investimentos rodoviários tem *score* máximo (1,00). Por conseguinte, é possível melhorar o resultado do Subdomínio D3.3, aumentando o investimento nos transportes públicos. O Subdomínio D3.1 que avalia a distribuição das infraestruturas de transporte obteve como resultado final o *score* 0,85, revelando boa integração destas infraestruturas na malha urbana. O Subdomínio D3.4, referente à avaliação do estacionamento urbano revela ótimo desempenho da cidade a este respeito, com *score* igual a 1,00. Este bom resultado decorre totalmente do resultado obtido para o único indicador que o integra, D3.4.1 relativo ao consumo de espaço público para estacionamento.

Para o Domínio D4, que avalia a mobilidade urbana, obtiveram-se os *scores* mais altos para o Subdomínio D4.10 relativo à avaliação do uso de meios de transporte não poluentes, com *score* máximo (1,00), e para o Subdomínio D4.2 relativo à sinistralidade rodoviária urbana com *score* igual a 0,93. O bom desempenho obtido para estes dois Subdomínios resulta dos bons resultados dos respetivos indicadores. O Subdomínio D4.4 que avalia o tipo de viagem e o Subdomínio D4.5 que avalia a fluidez e circulação do tráfego, tendo obtido *score* alto, iguais a 0,79 e a 0,75, respetivamente, mostram que a circulação do trânsito na cidade é fluida, com tempos de viagem curtos e percursos com distâncias adequadas à estrutura urbana. O pior desempenho obtido para este Domínio, com *score* igual a 0,00, corresponde ao Subdomínio D4.11 que avalia o consumo de recursos naturais, particularmente o consumo de combustível. No sentido de promover maior sustentabilidade para a cidade, em particular a sustentabilidade ambiental, é fundamental que os níveis de consumo de combustível diminuam, diminuindo também o consumo dos recursos naturais, e conseqüentemente melhora-se o desempenho deste

Subdomínio. Também os Subdomínios *D4.1* que avalia a diversificação modal e o Subdomínio *D4.6* relativo à avaliação dos custos para a mobilidade urbana obtiveram *score* baixo (0,17), sendo estes resultados o reflexo da forte utilização do carro privado e do fraco uso do transporte público. O resultado obtido para o Subdomínio *D4.7* que avalia os lugares de estacionamento, com *score* igual a 0,50, o qual resulta diretamente do único indicador que o integra, sugere que a gestão dos lugares de estacionamento é pouco adequada, facilitando a entrada e permanência de veículos dentro da cidade. Estes resultados vão ao encontro do baixo *score* (0,28) obtido para o Subdomínio *D4.3* que avalia o transporte individual, refletindo a grande intensidade de utilização de transporte privado, como observado pelos resultados dos indicadores *D4.3.1* relativo ao número de viagens diárias, com *score* 0,32, e o *D4.3.2* referente à utilização de carro privado, com *score* igual 0,25. Como já referido anteriormente, a cidade apresenta fragilidades no que respeita à frequência e à qualidade do transporte público, bem como o apoio prestado ao cidadão, nomeadamente o acesso à informação relativa aos transportes públicos. Estas fraquezas ficam mais uma vez evidenciadas pelos baixos valores de *score* obtidos (0,45 e 0,31) na avaliação dos Subdomínios *D4.12* e *D4.13*, respeitantes à avaliação do apoio ao cidadão e disponibilidade e qualidade do transporte público, respetivamente. O Subdomínio *D4.8* referente à avaliação da política de tarifário com *score* médio (0,58) resultante diretamente do único indicador que o integra, propõe a diminuição das tarifas praticadas pelos transportes públicos, de modo a melhorar o respetivo desempenho.

No que respeita ao Domínio D5, que avalia a ocupação de zonas ambientalmente sensíveis, o Subdomínio *D5.1* relativo à avaliação da localização de zonas ambientalmente sensíveis obteve *score* igual a 0,00, como consequência da ocupação de zonas protegidas existentes na área urbana, nomeadamente a Reserva Agrícola Nacional (RAN) e a Reserva Ecológica Nacional (REN). O Subdomínio *D5.2* que avalia as formas de ocupação, com *score* igual a 0,50, tem desempenho médio que resulta diretamente do único indicador que o integra também com *score* igual a 0,50. Assim, entende-se ser importante intensificar a gestão e a proteção das zonas ambientalmente sensíveis, no sentido de melhorar o nível de desempenho destes dois indicadores, uma vez que se relacionam.

Para o Domínio D6, que avalia a ocupação de zonas de risco, os dois Subdomínios que o integram, *D6.1* relativo à avaliação da vulnerabilidade da zona de estudo a acidentes naturais e *D6.2* referente à avaliação de acidentes naturais, obtiveram valor máximo de *score* (1,00) como consequência da ausência de ocorrências registadas na zona urbana.

6.4 DOMÍNIOS

Os *scores* obtidos para os Domínios refletem o nível de sustentabilidade urbana no âmbito da temática que cada um assume dentro da zona urbana. Tendo em conta que os *scores* dos Domínios resultam da combinação linear pesada (WLC) dos Subdomínios, com atribuição de pesos iguais a todos os Subdomínios, todos os Subdomínios contribuem de igual modo, independentemente do seu próprio nível de desempenho para a sustentabilidade urbana. Deste modo, todos os Subdomínios têm igual importância na análise da sustentabilidade urbana em cada Domínio e os menores *scores* dos Subdomínios são compensados pelos maiores *scores*, resultando para cada Domínio um valor final de *score* que corresponde à soma igualmente ponderada dos *scores* dos respetivos Subdomínios.

A Figura 6.3 apresenta os *scores* normalizados obtidos por agregação dos respetivos Subdomínios para cada Domínio e identificar o nível de desempenho de cada Domínio para a sustentabilidade da cidade da Guarda.

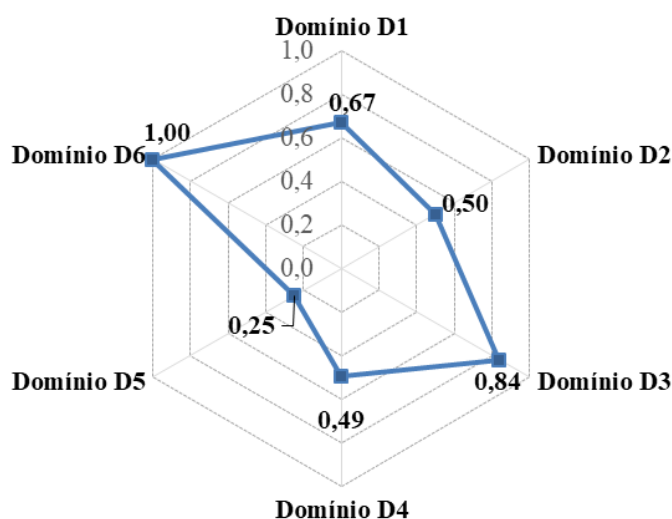


Figura 6.3 – Scores normalizados dos Domínios

O Domínio D6 é o que apresenta melhor desempenho, com *score* igual a 1,00. Este resultado excelente, advém dos dois Subdomínios que o integram e que também apresentam nível de desempenho máximo. Contrariamente, o Domínio D5, relativo à análise da ocupação de zonas ambientalmente sensíveis, é o que apresenta pior desempenho, com *score* igual a 0,25. Este resultado evidencia grandes fragilidades da zona urbana relativamente à gestão das zonas ambientalmente sensíveis. Em consequência, e de modo a aumentar o seu nível de desempenho, é importante que sejam tomadas medidas no sentido de controlar a ocupação das áreas

protegias, bem como criar ou reformular a respetiva legislação de apoio à gestão destas áreas no ambiente urbano.

O Domínio D4 referente à avaliação da mobilidade urbana apresenta igualmente um *score* baixo (0,49), evidenciando que o nível de sustentabilidade associado à mobilidade necessita de ser melhorado em alguns aspetos. Essencialmente devem ser tomadas medidas no sentido de intensificar e promover o uso dos transportes públicos, melhorando o serviço prestado neste âmbito. A aplicação desta medida poderá ter como consequência a melhoria de outros Subdomínios relacionados com a mobilidade urbana, nomeadamente a redução do uso de transporte privado e consequente diminuição no consumo dos recursos naturais, aumentando assim a diversificação modal por viagem. Atendendo ao *score* igual a 1,00 do Subdomínio *D4.10*, constata-se que a população está disponível para utilizar meios de transporte não poluentes, podendo-se concluir que é possível reduzir o uso do carro privado, desde que existam condições para tal, como melhorar o serviço dos transportes públicos e criar acessibilidades que permitam circular por modos suaves na cidade.

O Domínio D2 que avalia a cobertura das infraestruturas básicas urbanas, com um resultado médio para o *score* (0,50), demonstra algumas fragilidades da zona urbana em particular no que se refere à manutenção das infraestruturas urbanas. Por conseguinte, deverá ser feito um esforço de forma a melhorar o desempenho deste fator.

O Domínio D1, relativo à avaliação da dispersão e forma do crescimento urbano, apresentando um nível de desempenho acima do médio (0,67) sugere que o crescimento da cidade tem níveis medianos de desenvolvimento sustentável. No entanto, a melhoria dos aspetos sociais, como intensificar o envolvimento e a integração da comunidade local em responsabilidades relacionadas com a cidade, bem como diminuir o nível de criminalidade para padrões mais sustentáveis, de acordo com a análise realizada, permitirá aumentar o nível de sustentabilidade da cidade para este Domínio. Será ainda importante controlar o uso e a ocupação do solo, em particular a alocação de alguns equipamentos e espaços urbanos.

O Domínio D3, referente à análise da cobertura das infraestruturas viárias urbanas, com *score* igual a 0,84, mostra que a cidade tem um nível bom de desempenho relativamente ao serviço que estas infraestruturas disponibilizam à comunidade.

6.5 ÍNDICE DE EXPANSÃO URBANA SUSTENTÁVEL (IEUS)

O cálculo do IEUS baseou-se na combinação OWA dos Domínios, considerando seis pontos de decisão com diferentes níveis de risco (*ANDness*) e *trade-off*. Essencialmente definiram-se pontos do espaço estratégico de decisão com total *trade-off* e risco médio; sem

trade-off e risco total ou risco nulo; *trade-off* intermédio e risco médio, risco baixo ou risco alto. Estas variações permitem realizar a análise do IEUS segundo visões diferentes, quer ao nível da compensação dos Domínios com atribuição de diferentes *order weights* (pesos) aos vários Domínios, quer ao nível de risco com visões mais ou menos otimistas/pessimistas ou com ausência de risco.

A Figura 6.4 apresenta individualmente os *scores* obtidos para o IEUS em cada um dos seis pontos de decisão (ver Tabela 5.44) que se analisam em seguida.

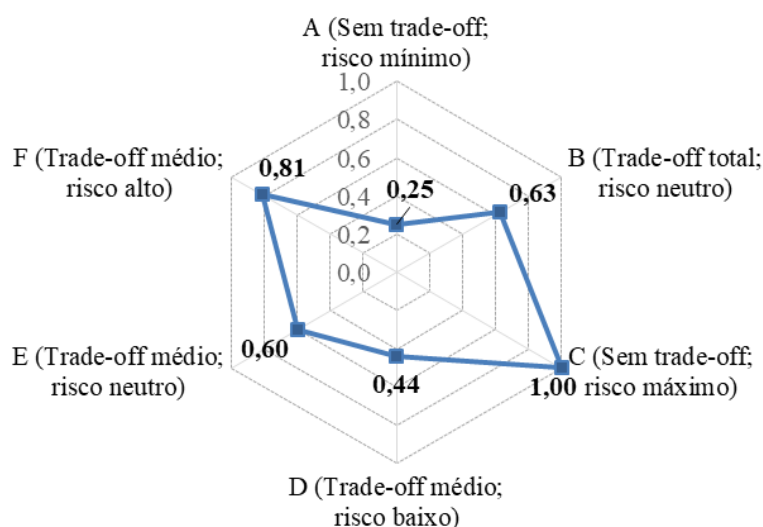


Figura 6.4 – Scores normalizados do IEUS em cada ponto de decisão

O *score* mais baixo obtido para o IEUS, igual a 0,25, corresponde à avaliação no ponto A do espaço de decisão, com risco mínimo e sem *trade-off*. Referindo-se este ponto a uma avaliação do tipo pessimista, com *ANDness* máximo (1,00) e sem compensação de *scores*, a totalidade do peso (igual a 1,00) foi atribuído ao Domínio com menor *score*. Assim, o resultado obtido para o IEUS resulta na totalidade do Domínio D5 relativo à ocupação de zonas ambientalmente sensíveis, sendo os *scores* dos restantes Domínios absorvidos por este. Consequentemente, resulta uma avaliação adversa ao risco com baixo *score* para o IEUS, demonstrando na globalidade um baixo desempenho da cidade relativamente aos padrões de sustentabilidade definidos no modelo. Por outro lado, o ponto C com risco máximo (*ANDness* igual a 0,00) e sem *trade-off* avalia o IEUS segundo uma avaliação otimista. Ou seja, atribui-se total importância ao Domínio com maior *score*, resultando também para o IEUS o maior *score*. Assim, o resultado obtido para o IEUS (1,00) corresponde ao *score* do Domínio com melhor desempenho, referente ao Domínio D6 Ocupação de zonas de risco. Os *scores* dos restantes Domínios são absorvidos na análise pelo *score* deste Domínio. Deste modo, resulta um IEUS

com máximo desempenho para a sustentabilidade urbana. No entanto, este valor representa apenas uma das dimensões avaliadas, sendo as restantes anuladas por este tipo de avaliação. Tratando-se estas duas visões da análise (ponto A e ponto C) de situações extremas, em posições opostas, não se consideram suficientes para concluir sobre o IEUS.

Considerando a total compensação dos *scores* dos Domínios e assumindo um nível de risco neutro (Ponto B), obtém-se para o IEUS um *score* intermédio igual a 0,63. Para esta avaliação, com total *trade-off*, todos os Domínios contribuem de igual forma para o resultado final do IEUS, sendo os *scores* mais baixos compensados pelos *scores* mais altos. Tendo ainda em conta que o risco assumido é neutro, esta solução será a mais equitativa na análise conjunta de todos os Domínios. Atendendo ao *score* de 0,63 resultante desta avaliação, conclui-se que para este ponto de decisão a cidade da Guarda tem uma visão positiva da sustentabilidade urbana, atingindo um *score* ligeiramente acima do valor médio. No entanto, de forma a tornar a cidade mais sustentável, este valor deverá ser melhorado, sendo necessário para isso que os Domínios aumentem o seu desempenho de sustentabilidade, nomeadamente os Domínios com menor *score*.

Atendendo ao ponto E, com risco neutro e *trade-off* médio, o *score* obtido para o IEUS é próximo do valor médio, igual a 0,60. Para esta avaliação atribuiu-se maior peso ao Domínio D2 relativo à cobertura das infraestruturas básicas urbanas e ao Domínio D1 que avalia a dispersão e forma do crescimento urbano, tendo sido atribuído peso nulo aos Domínios D5 e D6, respetivamente, de menor e maior *score*. Aos restantes Domínios atribuíram-se pesos iguais. Consequentemente, o *score* obtido para o IEUS neste ponto de decisão resulta essencialmente da dispersão e forma do crescimento urbano e da cobertura das infraestruturas básicas urbanas. Ou seja, os dois *scores* extremos, relativos aos Domínios D5 e D6, foram excluídos da análise e por isso não influenciam o resultado final obtido para esta avaliação. Atendendo a que este resultado é muito próximo do obtido para o ponto de decisão B, com total compensação entre *scores* dos Domínios e cujo *score* obtido é igual a 0,63, conclui-se que os Domínios D1 e D2 têm forte influência na avaliação global do Índice. Contudo, os Domínios D5 e D6 foram avaliados com pesos iguais no ponto B não se tendo verificado grande influência sobre o resultado do *score* final, dada a proximidade dos dois resultados obtidos para o ponto B e para o ponto E. Tendo em conta o resultado obtido para o IEUS, propõe-se que o mesmo seja melhorado, aumentando os níveis de desempenho dos Domínios D1 e D2, dispersão e forma do crescimento urbano e cobertura das infraestruturas básicas urbanas, respetivamente.

Para os restantes pontos de decisão (D e F) com *trade-off* médio mas com variação do risco, consideraram-se pesos iguais para todos os Domínios com exceção do Domínio com

menor *score* (Domínio D5) para o ponto D (risco baixo) e do Domínio com maior *score* (Domínio D6) para o ponto F (risco alto). Assim, para o ponto D atribuiu-se maior importância ao Domínio D5 relativo à ocupação de zonas ambientalmente sensíveis e para o ponto F o maior peso foi atribuído ao Domínio referente à ocupação de zonas de risco. Atendendo ao resultado obtido para o ponto D, igual a 0,44, verifica-se que o baixo *score* do Domínio D5 obriga a baixar o nível de desempenho do IEUS para a cidade da Guarda. Segundo esta visão da avaliação do Índice, o nível de sustentabilidade atingido para a cidade é baixo. Por outro lado, o maior peso dado ao Domínio D6 aumenta o nível de desempenho do Índice para a cidade da Guarda, cujo *score* é igual a 0,81. Assim, de acordo com esta avaliação, o nível de sustentabilidade para a cidade da Guarda é bom.

De um modo geral, das análises apresentadas ao longo desta Secção, conclui-se que o Domínio D5 com *score* muito baixo, obriga a níveis mais baixos de sustentabilidade para o IEUS; por outro lado, o Domínio D6, com *score* máximo, impõe que o *score* do IEUS aumente, permitindo melhores níveis de desempenho do Índice para a cidade da Guarda. Conclui-se ainda, da análise realizada para os pontos de decisão B e E, que os Domínios D1 e D2 controlam os resultados obtidos para o IEUS obtendo-se níveis de desempenho do Índice para a cidade da Guarda ligeiramente acima do médio. Em termos globais, pode afirmar-se que estes dois pontos de decisão aumentam a robustez do Índice face à avaliação da cidade, dando uma visão acima do mediano para a sustentabilidade urbana.

6.6 INDICADORES COMPOSTOS

A agregação setorial OWA dos Domínios permitiu gerar novas dimensões de análise da sustentabilidade urbana, designadas por indicadores compostos: Coesão Territorial (CT), Mobilidade Urbana Sustentável (MUS) e Sustentabilidade Ambiental (SA). Atendendo a que os indicadores compostos MUS e SA resultam da combinação OWA de dois Domínios, não foi possível avaliar o ponto de decisão E por impossibilidade de definir os respetivos *order weights*. Consequentemente, para estes dois indicadores compostos foram gerados cinco cenários de avaliação. A Figura 6.5 mostra os pontos de decisão considerados na análise e os respetivos *scores* obtidos para cada indicador composto.

A representação gráfica dos resultados obtidos para cada indicador composto, considerando os diferentes níveis de risco e *trade-off* em cada ponto de decisão, podem ser consultados nas Figuras 5.61, 5.62 e 5.63 do Capítulo V. Seguidamente, apresenta-se a análise dos resultados apresentados na Figura 6.5, para cada indicador composto.

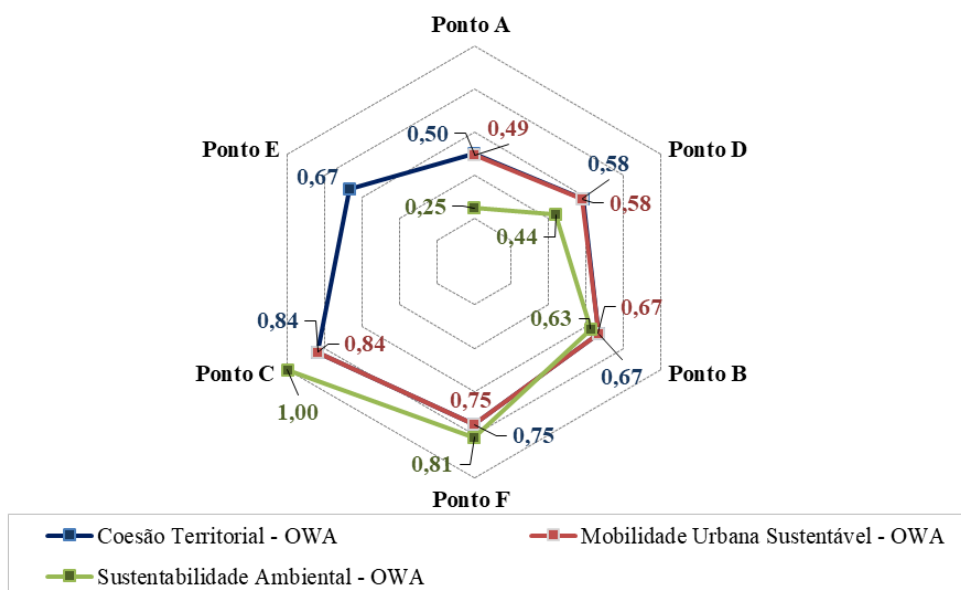


Figura 6.5 – Scores normalizados dos indicadores compostos em cada ponto de decisão

Para o indicador composto Coesão Territorial (CT), os *scores* obtidos variam entre 0,50 relativo à avaliação pessimista (ponto A) e 0,84 referente à avaliação otimista (ponto C). Para o ponto A, tratando-se de uma avaliação com visão pessimista, e por isso com risco mínimo, é atribuída toda a importância ao *Domínio D2 Cobertura das infraestruturas básicas urbanas* com menor *score*. Esta avaliação, ao excluir os restantes dois Domínios que integram este indicador composto, penaliza o desempenho do indicador composto, mostrando que o nível de cobertura das infraestruturas básicas no território urbano e os custos associados para a respetiva manutenção e construção de novos ramais compromete o desempenho da CT, segundo uma visão mais conservadora da análise. Por outro lado, o ponto C com risco máximo e sem *trade-off*, expressa uma visão otimista da CT. Para esta avaliação atribuiu-se todo o peso ao Domínio D3, de maior *score*, resultando um nível de desempenho bom para a CT, com *score* 0,84, decorrente do bom desempenho do *Domínio D3 Cobertura das infraestruturas viárias urbanas*. No entanto, esta avaliação não permite introduzir na análise da CT os outros Domínios, evidenciando apenas o contributo do Domínio D3. Os cenários de avaliação com risco neutro e *trade-off* total (ponto B) e risco neutro e *trade-off* médio (ponto E) apresentam *scores* iguais (0,67). Para o ponto B, com total compensação dos *scores* dos três Domínios, o menor *score* correspondente ao Domínio D2 é compensado pelos *scores* relativos aos Domínios D1 e D3, contribuindo assim todos os Domínios de igual forma para o resultado final do indicador composto. Para o ponto E atribuiu-se maior peso ao Domínio D1 relativo à análise da dispersão e forma do crescimento urbano e pesos aproximadamente iguais para os Domínios D2 e D3. Ao dar maior importância ao Domínio com o segundo maior *score*, de modo a obter

uma avaliação com risco neutro e *trade-off* médio, valoriza-se mais o Domínio D1, refletindo-se esta maior importância atribuída a este Domínio no resultado final (0,67) do indicador composto para este ponto de decisão. Por conseguinte, pode concluir-se que o *score* final da CT para este ponto de decisão, igual a 0,67, resulta quase na totalidade do *score* do Domínio D1 cujo valor também é igual a 0,67, sendo os restantes dois Domínios praticamente anulados na avaliação deste cenário. Da análise dos resultados obtidos para estes dois pontos de decisão (B e E), conclui-se que a avaliação da CT, considerando soluções com risco neutro, gera resultados iguais, quer para a avaliação com total compensação de *scores* (ponto B), quer para o nível médio de compensação de critérios (ponto E). Neste contexto, conclui-se que a CT tem desempenho mediano para a sustentabilidade urbana, com um nível de desempenho semelhante ao *Domínio D1 Dispersão e forma do crescimento urbano*. Apesar do resultado positivo, considera-se importante tomar medidas no sentido de o mesmo ser melhorado, promovendo melhor Coesão Territorial. Para o ponto D, com risco baixo e *trade-off* médio, o maior peso foi atribuído ao Domínio D2 referente à análise da cobertura das infraestruturas básicas urbanas, cujo *score* é o menor no conjunto dos três Domínios. Tratando-se de compensação entre critérios de nível médio e com baixo risco, obteve-se como resultado desta avaliação um *score* igual a 0,58, muito próximo do médio. Este resultado, ligeiramente superior ao *score* obtido para o ponto A (0,50), mostra que para ambas as soluções o Domínio D2 é o que mais contribui para o *score* final deste indicador composto, por em ambas as soluções ter o maior peso, além de que o nível de risco também é baixo. No entanto, a solução obtida no ponto D permite melhorar o nível de desempenho da CT por alguma influência dos Domínios D1 e D3. O ponto F, à semelhança do ponto D, também assume um nível médio de compensação entre os três valores de *score* dos Domínios, mas com risco alto. Assumindo maior risco, o maior peso foi atribuído ao Domínio D3 referente à cobertura das infraestruturas viárias urbanas, com maior *score*, resultando um *score* final igual a 0,75, maior do que o obtido para as soluções de risco neutro (pontos B e E) e menor que o obtido para a solução de máximo risco, como esperado. Este resultado mostra que ao aumentar o risco, mantendo *trade-off* médio, obtém-se melhor nível de desempenho para a CT por maior influência do Domínio D3, relativamente aos Domínios D1 e D2. Analisando os *scores* obtidos para os vários cenários de avaliação em cada ponto de decisão, conclui-se que: querendo assumir uma atitude de risco mínimo, o nível de desempenho da CT é médio (0,50); para uma atitude otimista, de máximo risco, obtém-se o melhor nível de desempenho da CT (0,84); para atitudes de risco neutro, o desempenho da CT é superior ao médio, com valores iguais (0,67), quer para a solução com total *trade-off* ou com *trade-off* médio; as soluções com *trade-off* médio mas com variação de risco, permitem obter

melhor desempenho da CT quando se assume uma atitude de risco alto, com *score* igual a 0,75, e menor desempenho (0,58) para uma atitude de risco baixo. Por conseguinte, para todos os cenários de avaliação pode considerar-se o desempenho da CT positivo, podendo ser melhorado sempre que se melhorar os respetivos Domínios que o integram, em particular o Domínio definido com maior importância em cada uma das soluções apresentadas.

Os cenários de avaliação obtidos para o indicador composto Mobilidade Urbana Sustentável (MUS) resultam da agregação OWA do Domínio D4 relativo à avaliação da mobilidade urbana e do Domínio D3 referente à avaliação da cobertura das infraestruturas viárias urbanas. Para esta análise obteve-se um conjunto de cinco soluções, de acordo com os respetivos pontos de decisão, conforme apresentado na Figura 6.5 e na Figura 5.62 do Capítulo V. A solução com risco mínimo (ponto A), tratando-se de uma avaliação pessimista apresenta um resultado igual ao Domínio de menor *score* (0,49) que corresponde ao Domínio D4. Esta solução, sendo a mais conservadora, projeta o resultado para um nível de desempenho da MUS mais baixo. Numa situação oposta, com risco máximo, encontra-se a solução obtida para o ponto de decisão C. Para este cenário de avaliação obtém-se o maior valor de desempenho para o indicador composto MUS, com *score* igual a 0,84, resultante do Domínio D3. Sendo uma avaliação otimista, é atribuída total importância ao Domínio com maior *score*, pelo que o desempenho obtido para a MUS corresponde ao desempenho deste Domínio. Considerando a avaliação com risco neutro e máximo *trade-off* (ponto B), obtém-se uma solução intermédia às duas anteriores, com *score* igual a 0,67. Ao permitir a compensação entre os *scores* dos dois Domínios, obtém-se uma solução mais equilibrada relativamente à contribuição destes dois Domínios para o nível de desempenho da MUS na cidade. Os cenários de avaliação relativos ao nível de *trade-off* médio variam entre 0,58 para uma atitude de risco baixo (ponto D) e 0,75 para uma atitude de risco alto (ponto F). Deste modo, assumindo menor risco, atribui-se maior peso ao Domínio D4, com menor *score*, levando a um resultado mais prudente, com um nível de desempenho da MUS para a cidade próximo do *score* médio. Por outro lado, pretendendo-se assumir mais risco e gerar uma solução mais próxima do otimista (ponto F), o maior peso é atribuído ao Domínio D3, com maior *score*, resultando um valor de *score* também maior (0,75). A análise geral dos *scores* obtidos para os vários cenários de avaliação em cada ponto de decisão, permite concluir que: assumindo uma visão conservadora para a MUS, o nível de desempenho para este indicador composto é abaixo do valor médio, igual a 0,49, dando uma perspectiva bastante pessimista desta dimensão para a cidade da Guarda; por outro lado, uma visão menos conservadora e totalmente otimista possibilita o melhor desempenho da MUS, com o maior *score* obtido (0,84) resultante do bom desempenho do *Domínio D3 Cobertura das*

infraestruturas viárias urbanas; pretendendo-se uma solução com igual importância para todos os Domínios, ou seja, com *trade-off* total, o nível de desempenho da MUS para a cidade da Guarda assume uma visão equilibrada para todas as dimensões que integram a MUS, obtendo-se um *score* superior ao médio (0,67); adotando uma avaliação com compensação média dos *scores* entre Domínios obtém-se melhor desempenho da MUS (0,75) quando o nível de risco assumido é alto e pior desempenho (0,58) quando se assume uma atitude de risco baixo. Pelo exposto e pretendendo melhorar o nível de desempenho deste indicador composto para a cidade da Guarda, a melhoria do *Domínio D4 Mobilidade urbana* permite obter melhor resultado para os pontos de decisão A, B e D, respetivamente, risco mínimo e sem *trade-off*, risco neutro e *trade-off* total, e risco baixo com *trade-off* médio. Aumentando o desempenho do Domínio D3, com exceção da solução para o ponto A, todas as restantes soluções serão melhoradas.

O indicador composto Sustentabilidade Ambiental (SA) resulta da agregação OWA do Domínio D5 que avalia a ocupação de zonas ambientalmente sensíveis e do Domínio D6 referente à avaliação da ocupação de zonas de risco. Foram considerados cinco pontos de avaliação, com base nos quais se geraram os respetivos cenários e cujos *scores* obtidos são apresentados na Figura 6.5 e na Figura 5.63 do Capítulo V. À semelhança dos indicadores compostos anteriores, a avaliação pessimista (ponto A) conduz ao menor *score* obtido (0,25). Esta solução ao valorizar na totalidade o Domínio com menor *score*, Domínio D5, revela-se bastante penalizadora para a SA, com um nível de desempenho muito baixo para a cidade da Guarda. Em posição contrária, a avaliação otimista, com máximo risco, conduz ao maior *score* (1,00), revelando o nível de desempenho máximo para a SA na cidade da Guarda. No entanto, esta excelente avaliação resulta da exclusiva valorização do Domínio D6, considerando-se não ser representativa do comportamento da cidade relativamente à sustentabilidade ambiental. Atendendo à avaliação com *trade-off* total e risco neutro (ponto B), o resultado representa igual contribuição dos dois Domínios, tendo-se obtido um valor acima do médio, com *score* igual a 0,63. Dado que para esta solução o maior *score* do Domínio D6 compensa o menor *score* do Domínio D5, gera uma solução entre as duas soluções extremas obtidas para os pontos A e C, obtendo-se um nível de desempenho da SA para a cidade positivo. As soluções com *trade-off* médio geram dois cenários de avaliação com variação da atitude de risco. Considerando a avaliação com risco baixo (ponto D) o *score* obtido (0,44) aproxima-se da avaliação pessimista. No entanto, esta avaliação para a SA é menos penalizadora para a cidade, com maior *score*, e portanto com melhor desempenho resultante de haver alguma compensação entre os dois *scores* dos Domínios. A avaliação com atitude de risco alto (ponto F), quando comparado com o resultado obtido para a avaliação otimista, diminui o nível de desempenho da SA para a cidade,

em consequência de haver alguma compensação entre os *scores* dos Domínios, e desta forma permitir que o Domínio D5 também contribua para a solução. Contudo, esta solução indica um nível de desempenho bom da SA para a cidade, com *score* igual a 0,81. De um modo geral, a análise dos vários *scores* obtidos para os diferentes cenários de avaliação revela que: para uma avaliação pessimista, com atitude de risco mínimo, o nível de desempenho da SA é muito baixo (0,25), mostrando que é necessário maior empenho em aumentar o *score* do Domínio D5 *Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis*, de modo a aumentar o nível de comportamento da SA para a cidade; a avaliação otimista, assumindo risco máximo, conduz a uma solução com máximo desempenho (1,00) da SA para a cidade, expressando o desempenho do Domínio D6 *Ocupação de zonas de risco* para a cidade; assumindo uma atitude de risco neutro e compensação total dos *scores* dos Domínios (ponto B), a solução encontrada mostra que a cidade da Guarda tem uma visão mediana para a SA; a solução de risco baixo e *trade-off* médio melhora o nível de desempenho relativamente ao resultado encontrado para a avaliação pessimista, no entanto ainda conduz a uma visão da SA para a cidade abaixo do nível médio; para a solução com risco alto e *trade-off* médio, obtém-se um bom desempenho da SA para a cidade, havendo ainda assim alguma contribuição para esta solução do Domínio D5 relativamente à solução otimista. Considerando a análise exposta, pode concluir-se que o baixo *score* do Domínio D5 prejudica o nível de desempenho obtido para a SA para a cidade da Guarda. Assim, ao melhorar o comportamento da cidade da Guarda relativamente à ocupação de zonas ambientalmente sensíveis, nomeadamente a ocupação de áreas protegidas, e ao adequar a respetiva gestão às restrições impostas por legislação própria, contribui-se para um melhor desempenho do Domínio D5 e consequentemente da SA para a cidade da Guarda.

Realizando uma análise geral dos três indicadores compostos, considerando os resultados representados na Figura 6.5, verifica-se que os indicadores compostos CT e MUS, com exceção do ponto A, apresentam resultados iguais para os mesmos pontos de decisão. Considerando que o Domínio D3 é comum aos dois indicadores compostos e para ambos é o de maior *score*, o nível de contribuição dos Domínios D1 e D2 para cada uma das soluções da CT é semelhante ao nível de contribuição do Domínio D4 para a MUS, quando assumidos a mesma atitude de risco e de *trade-off* na avaliação de cada um dos indicadores compostos. Este resultado revela que a cidade da Guarda tem visões equiparadas para a CT e para a MUS. A SA apresenta maior variação entre os resultados pessimista e otimista, quando comparado com os outros dois indicadores compostos, mostrando menor coerência entre os níveis de desempenho obtidos para a cidade da Guarda. Contudo, para o ponto B os resultados para os três indicadores compostos são muito próximos, revelando níveis de desempenho semelhantes da cidade para a CT, MUS

e SA. Também para o ponto F os resultados para os três indicadores compostos são próximos, com a SA a obter um valor ligeiramente superior que os restantes por influência do Domínio D6 que tem *score* mais alto que o Domínio D3. Este resultado revela que, havendo compensação dos *scores* dos Domínios, a cidade da Guarda apresenta um nível de desempenho para a SA mais consistente.

6.7 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade baseada no operador OWA é usada por alguns autores (Moradi *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2013; Khodadadi *et al.*, 2017) como um método de apoio à decisão. Segundo Khodadadi *et al.* (2017) a análise de sensibilidade permite ter uma visão mais profunda da decisão final com base em diferentes atitudes de risco, assumindo situações de risco neutro, risco adverso ou de risco favorável. De acordo com Zhao *et al.* (2013) não permite apenas saber se uma alternativa é favorável ou prejudicial à decisão, mas conhecer o impacto que a alterações dos *order weights* do operador OWA ou a medida de risco têm na classificação das alternativas ou na seleção da alternativa ideal. Assim, permite identificar as variáveis críticas que determinam o sucesso de um projeto através de simulações, sendo possível medir a sensibilidade relativamente às variações verificadas.

De modo a realizar a análise de sensibilidade relativamente à utilização do IEUS para a cidade da Guarda, geraram-se vários cenários de avaliação com base no procedimento OWA, considerando cinco pontos de decisão com variações da atitude de risco e do nível de *trade-off*. De forma a dar maior consistência à análise, consideraram-se os mesmos pontos de decisão das avaliações apresentadas anteriormente. Assim, são analisados os mesmos níveis de risco e *trade-off* permitindo estabelecer comparações entre os resultados obtidos nas várias etapas da aplicação do IEUS.

Foram realizados três tipos de análises, as quais se apresentam de seguida. A primeira consistiu na análise comparativa, para os mesmos pontos de decisão, dos *scores* obtidos para os indicadores compostos pela combinação OWA dos Domínios, com os *scores* obtidos para o IEUS. A Figura 6.6 apresenta graficamente os respetivos resultados. Realizou-se a respetiva análise, apresentando-se de seguida as conclusões. De um modo geral, verifica-se que os indicadores compostos e o IEUS apresentam um comportamento idêntico em todos os pontos de decisão, cujos valores aumentam do centro para a periferia, ou seja, da avaliação pessimista para a avaliação otimista.

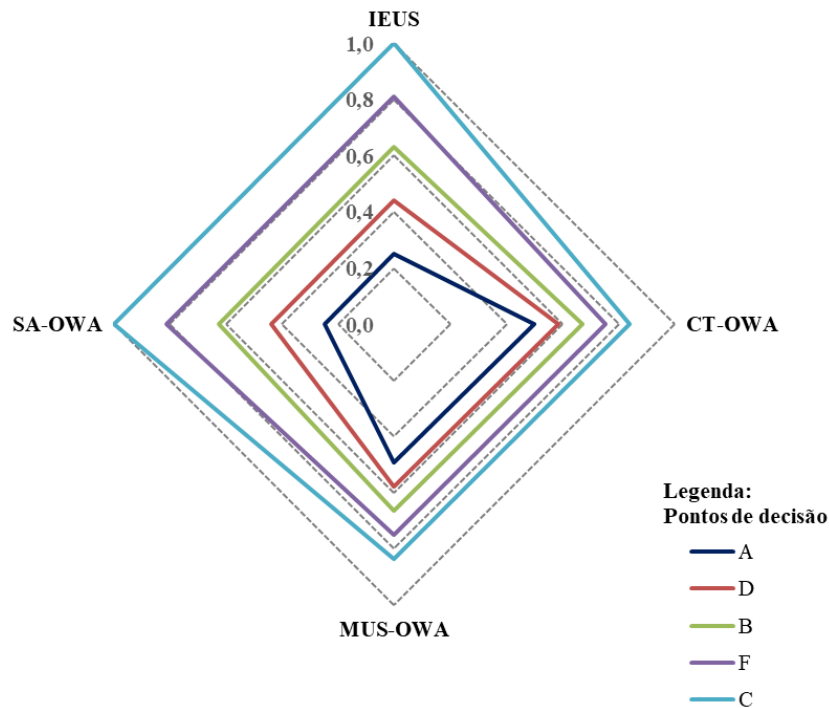


Figura 6.6 – Scores dos indicadores compostos e do IEUS em cada ponto de decisão

Relativamente às curvas respeitantes a cada ponto de decisão, verifica-se que têm comportamento semelhante, com exceção do ponto A (avaliação pessimista) devido ao valor do *score* do IEUS e da Sustentabilidade Ambiental ser menor relativamente aos outros dois indicadores compostos. Deste modo, a diferença entre o *score* do IEUS e da CT aumenta, dado o baixo *score* do IEUS. O mesmo comportamento se verifica entre a MUS e a SA. Tendo em conta que o nível de risco para cada um dos pontos de decisão aumenta no sentido do centro para a periferia, conclui-se que as avaliações com maior risco permitem obter maior *score*, ou seja, melhor desempenho do nível de sustentabilidade da cidade para todos os indicadores compostos e para o IEUS. Observa-se que as diferenças entre a avaliação pessimista (risco mínimo) e a avaliação otimista (risco máximo) é menor para os indicadores compostos MUS e CT, com maior aproximação entre as respetivas curvas, e maior para a SA e o IEUS, para os quais as curvas se apresentam mais afastadas. Para a avaliação pessimista o *score* obtido para a MUS e a CT é maior do que o obtido para a SA e o IEUS; para a avaliação otimista o *score* obtido para a MUS e a CT é menor do que o obtido para a SA e o IEUS.

De modo a analisar a variação entre os resultados, apresentam-se na Tabela 6.1 os valores relativos ao desvio padrão para cada indicador composto e para o IEUS, de acordo com os resultados obtidos em cada avaliação.

Tabela 6.1 – Desvio padrão para os indicadores compostos e IEUS

| | Desvio padrão |
|-------------------------------|----------------------|
| Coesão Territorial | 0,11 |
| Mobilidade Urbana Sustentável | 0,12 |
| Sustentabilidade Ambiental | 0,27 |
| IEUS | 0,27 |

Da análise dos valores apresentados na Tabela 6.1 verifica-se que a MUS e a CT têm valores de desvio padrão próximos, mostrando que os respectivos resultados apresentam igual grau de dispersão. A SA e o IEUS têm valores de desvio padrão igual, mostrando igual comportamento dos *scores* obtidos. Com maior valor de desvio padrão, conclui-se que para a SA e o IEUS existe maior dispersão entre os resultados das avaliações pessimista e otimista, relativamente aos outros indicadores compostos. A maior dispersão de *scores* para a SA e para o IEUS revela que os resultados obtidos para estas duas variáveis são menos consistentes, quando comparados com os resultados obtidos para a MUS e a CT.

Fazendo variar o nível da atitude de risco, verifica-se que existe um comportamento com tendência linear entre os *scores* de cada uma das dimensões de sustentabilidade apresentadas na Figura 6.6, desde o ponto A (avaliação pessimista) ao ponto C (avaliação otimista). Este comportamento linear pode ser observado na Figura 6.7, na qual se representa em eixos diferentes o *score* do IEUS e o *score* dos indicadores compostos, por ordem crescente de nível de risco, de modo a comparar os respectivos resultados.

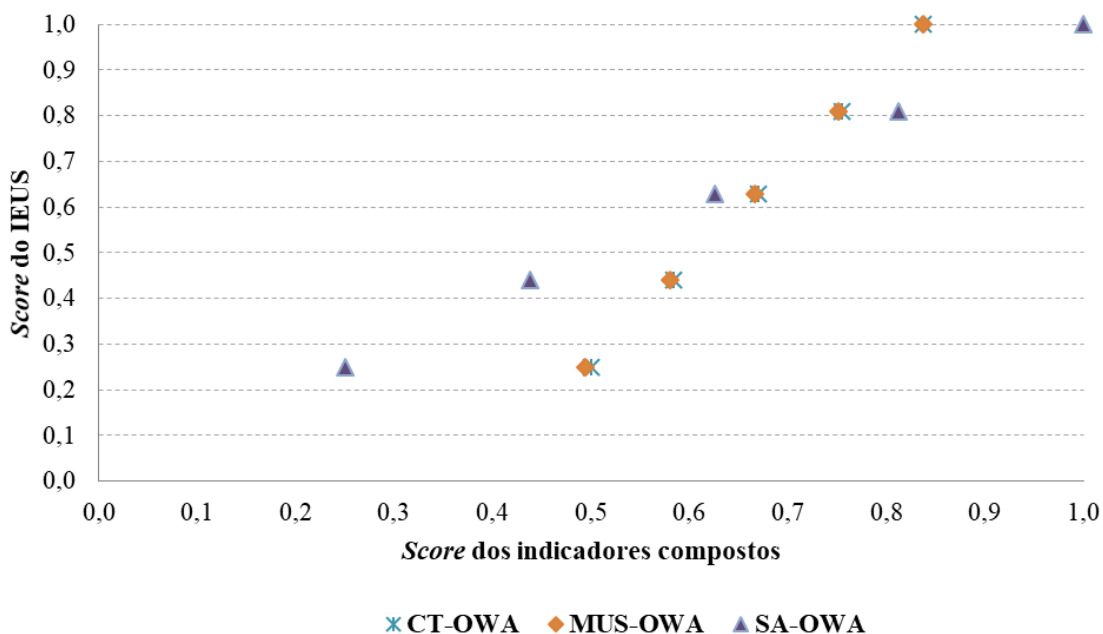


Figura 6.7 – Comparação entre *scores* do IEUS e dos indicadores compostos

Da análise da Figura 6.7 conclui-se que os *scores* resultantes do indicador composto SA são iguais aos *scores* resultantes para o IEUS para todos os níveis de risco avaliados. Para os indicadores compostos MUS e CT os *scores* resultantes são superiores aos *scores* do IEUS até ao nível de risco neutro e máximo *trade-off*, no qual apresentam um valor muito próximo, havendo uma inversão dos resultados com os *scores* dos indicadores compostos MUS e CT a serem inferiores relativamente aos resultados do IEUS para os níveis de risco alto e máximo. Assim, conclui-se que para a avaliação de atitude de risco neutro e *trade-off* total, todas as variáveis (indicadores compostos e IEUS) consideradas na análise da sustentabilidade da cidade da Guarda têm valores semelhantes, podendo concluir-se que para esta avaliação se atinge o resultado mais concordante para o nível de desempenho da sustentabilidade da cidade. Para atitudes de risco mais baixo, a MUS e a CT apresentam níveis de desempenho superiores à SA e IEUS, diminuindo o nível de desempenho da MUS e da CT para atitudes de risco maiores, para as quais o desempenho do IEUS e da SA aumenta.

Comparando os resultados dos indicadores compostos e do IEUS, apresentados nas Figuras 6.6 e 6.7, verifica-se que os indicadores compostos MUS e CT têm um comportamento semelhante, com variações iguais. O mesmo se verifica para o par SA e IEUS cujos *scores* são iguais, revelando que o resultado do IEUS é fortemente influenciado pelos Domínios que integram a SA, em especial para atitudes de risco mínimo a baixo e risco alto a máximo. Conclui-se assim, que ao investir na melhoria do nível de desempenho da SA para a cidade da Guarda, nomeadamente no Domínio D5, aumenta o nível de desempenho do IEUS, principalmente para as avaliações com atitudes de risco mínimo e baixo.

A combinação linear ponderada dos indicadores compostos gerou novos cenários de avaliação. Para esta análise consideraram-se os resultados obtidos para cada indicador composto em cada ponto de decisão, os quais foram combinados considerando a ponderação com pesos iguais para todos os indicadores compostos e com maior peso para cada um dos indicadores compostos. Esta análise pretende avaliar de que forma a combinação linear ponderada dos três indicadores compostos, fazendo variar as respetivas importâncias na agregação, influencia o *score* final obtido para cada cenário de avaliação gerado. A Figura 6.8 apresenta os resultados obtidos para cada cenário de avaliação em cada ponto de decisão.

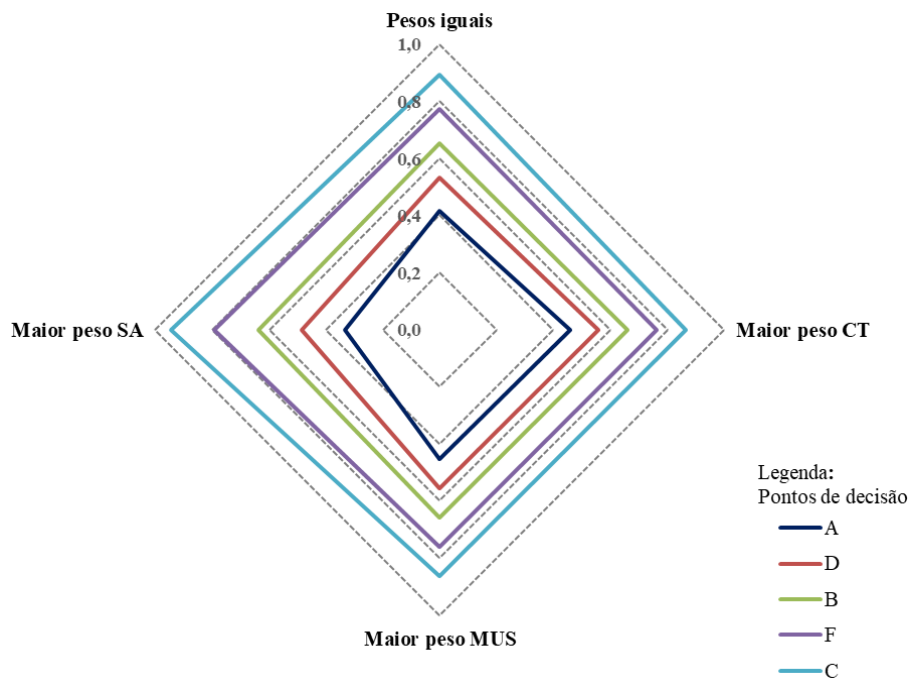


Figura 6.8 – Scores obtidos para os cenários de avaliação dos indicadores compostos em cada ponto de decisão

Analisando os resultados apresentados na Figura 6.8 verifica-se que os cenários de avaliação relativos à combinação dos indicadores compostos com atribuição de pesos iguais, de maior peso atribuído à CT e de maior peso para a MUS, têm comportamento semelhante ao longo da direção de variação da atitude de risco, com resultados próximos em cada ponto de decisão. Os respectivos valores de *score* em cada um destes cenários apresentam uma diferença com intervalo a variar entre 0,10 a 0,12. Os cenários de avaliação resultantes da atribuição de maior peso à SA diferenciam-se dos restantes, pesos iguais, maior peso para a CT e maior peso para a MUS, verificando-se que as diferenças entre os valores de *score* obtidos sobre a direção da variação de atitude de risco são maiores, com variação de 0,15 e 0,16. Para estes cenários de avaliação existe maior dispersão dos resultados, com intervalos semelhantes entre os vários tipos de avaliação, ou seja, entre os valores de *score* resultantes com a variação da atitude de risco. De acordo com esta análise, pode concluir-se que os resultados da combinação linear dos indicadores compostos com igual ponderação, maior peso para a CT e maior peso para a MUS, geram resultados mais consistentes, havendo menor dispersão dos respectivos valores de *score* resultantes.

Realizou-se ainda a análise comparativa entre os valores de *score* obtidos nos vários cenários de avaliação e o IEUS para os mesmos pontos de decisão. A Figura 6.9 apresenta graficamente os respectivos resultados relativos aos vários cenários de avaliação e o IEUS.

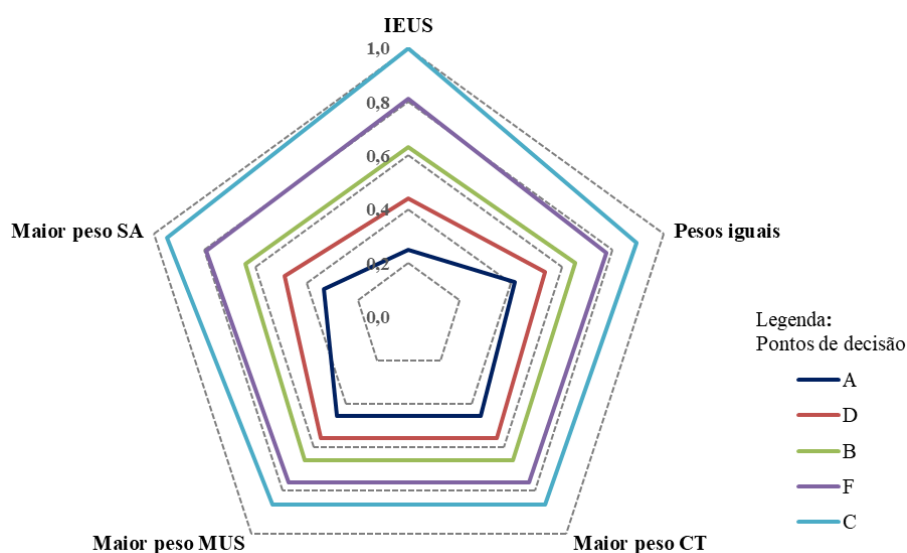


Figura 6.9 – Cenários de avaliação dos indicadores compostos e do IEUS em cada ponto de decisão

Analisando os resultados apresentados na Figura 6.9 verifica-se que a configuração da curva relativa à avaliação pessimista (ponto A) se diferencia das restantes. Esta diferença deve-se ao menor valor de *score* obtido para o IEUS para a avaliação pessimista (ponto A), relativamente aos cenários de avaliação das restantes dimensões de sustentabilidade representadas, havendo maior diferença entre os resultados obtidos para a avaliação pessimista e a avaliação com risco baixo (ponto D) no IEUS. Para as restantes curvas, ao longo da variação da atitude de risco verifica-se que têm comportamento semelhante, aproximadamente paralelas entre si, para todos os cenários de avaliação e também para o IEUS. No entanto, verifica-se maior distensão para o exterior das curvas relativas ao IEUS, mostrando que existe maior dispersão dos valores entre a avaliação pessimista e a avaliação otimista para o IEUS. Para iguais atitudes de risco, ou seja, para os mesmos pontos de decisão, os respetivos valores de *score* obtidos para cada um dos cenários de avaliação são mais próximos dos valores de *score* do IEUS para os cenários obtidos com maior peso para a SA. Os restantes três cenários, com maior peso para a CT, maior peso para a MUS e pesos iguais, apresentam valores de *score* mais afastados dos respetivos *scores* do IEUS.

De modo a facilitar a comparação entre os vários resultados, representaram-se em eixos diferentes os valores de *score* relativos ao IEUS e os valores de *score* obtidos em cada cenário de avaliação, por ordem crescente de nível de risco, os quais se apresentam na Figura 6.10.

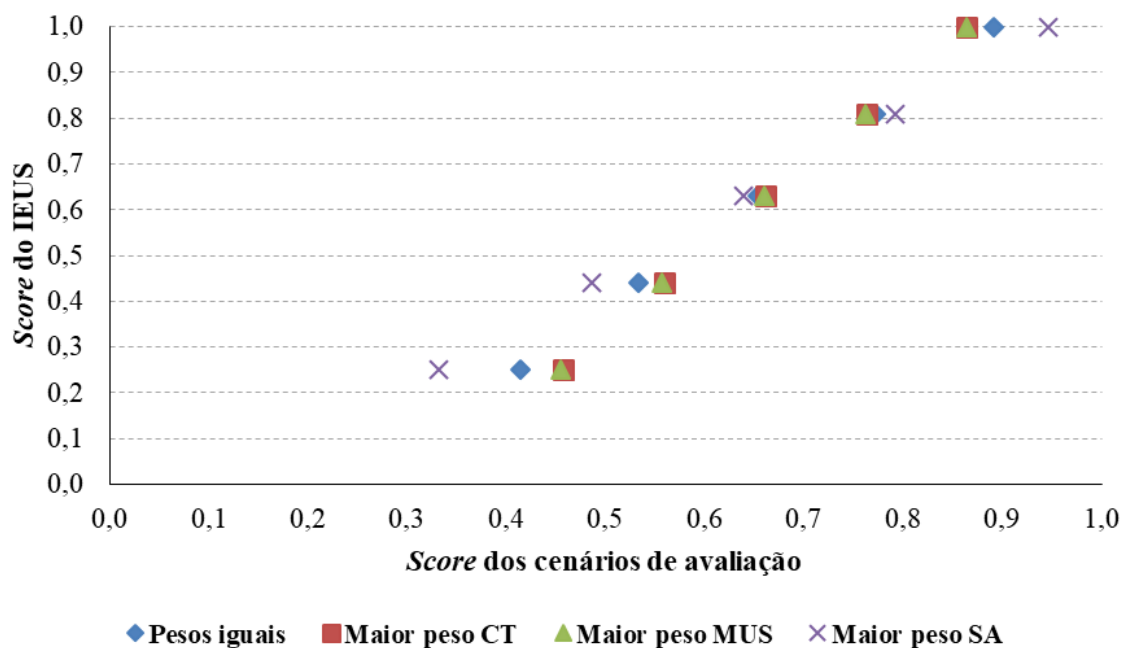


Figura 6.10 – Comparação entre *scores* do IEUS e dos cenários de avaliação

Da análise dos resultados apresentados na Figura 6.10 observa-se que para as avaliações com risco mínimo e risco baixo os *scores* obtidos em todos os cenários de avaliação são superiores aos *scores* do IEUS. No entanto, para os cenários de avaliação relativos ao maior peso para a SA os valores de *score* obtidos são mais próximos do IEUS. Para o nível de risco neutro e *trade-off* total, todos os resultados referentes aos cenários de avaliação e ao IEUS são muito próximos, mostrando que para este nível de risco e *trade-off* o nível de desempenho do IEUS para a cidade da Guarda tem maior coerência com os cenários de avaliação gerados, independentemente da ponderação atribuída a cada indicador composto. Para as avaliações com nível de risco alto e risco máximo, os valores de *score* dos cenários de avaliação diminuem relativamente ao IEUS, verificando-se no entanto que os cenários relativos à avaliação com maior peso para a SA ficam mais próximos do IEUS. Pela análise exposta e considerando os resultados apresentados nas Figuras 6.9 e 6.10, conclui-se que para todos os níveis de risco avaliados, a combinação linear ponderada dos indicadores compostos com maior peso atribuído à SA aproxima-se mais do nível de desempenho do IEUS para a cidade da Guarda, comparativamente aos cenários de avaliação obtidos com as restantes ponderações dos indicadores compostos. Contudo, as avaliações com risco neutro e *trade-off* total aproximam-se do Índice de sustentabilidade obtido para a cidade da Guarda.

De modo a avaliar a grandeza da relação linear entre todas as dimensões de sustentabilidade analisadas e o IEUS, calculou-se o coeficiente de correlação entre os resultados obtidos para o IEUS, para os cenários de avaliação e para os indicadores compostos,

considerando todos os pontos de decisão avaliados. A Figura 6.11 apresenta graficamente os respectivos coeficientes de correlação obtidos.

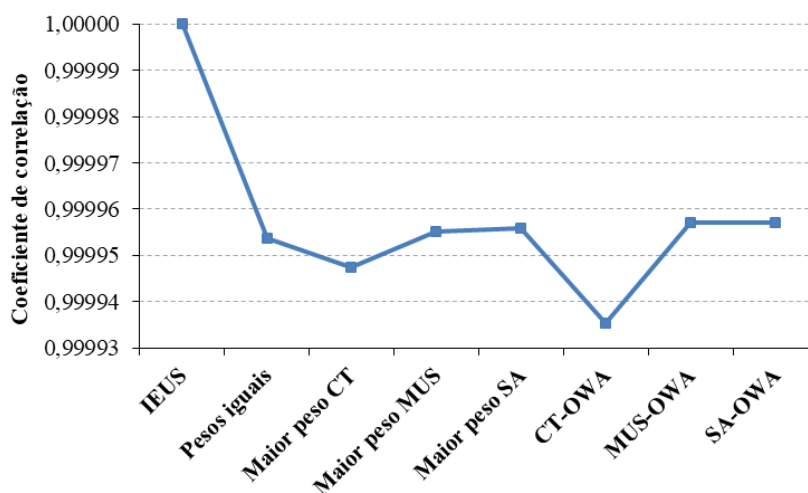


Figura 6.11 – Coeficiente de correlação para os cenários de avaliação em relação ao IEUS

Atendendo a que todos os coeficientes de correlação apresentados na Figura 6.11 são muito próximos de 1,00, conclui-se que existe forte correlação entre os resultados obtidos para os indicadores compostos e para os cenários de avaliação, relativamente aos resultados do IEUS. Relativamente aos cenários de avaliação, o que apresenta menor grau de correlação corresponde ao maior peso para a CT. Quanto aos indicadores compostos, a CT é o que apresenta menor grau de correlação em relação ao IEUS, sendo o grau de correlação para a MUS e a SA iguais relativamente ao IEUS. Considerando todas as avaliações realizadas, com diferentes níveis de risco e *trade-off*, os resultados obtidos para a CT alcançaram menor correspondência entre os seus valores de *score* e os valores de *score* do IEUS. Contudo, o menor valor de correção obtido para a CT pode dever-se ao facto de que, para o cálculo do respetivo coeficiente de correlação não ter sido considerado o resultado relativo à avaliação no ponto de decisão E, uma vez que não foi possível avaliar os indicadores compostos MUS e SA para este ponto. Por conseguinte, atendendo a que todos os coeficientes de correlação são positivos e próximos de 1,00 existe uma correspondência muito forte entre os indicadores compostos e os cenários de avaliação, relativamente ao IEUS, aumentando os valores de *score* do IEUS à medida que os valores de *score* dos indicadores compostos e dos cenários de avaliação também aumentam.

6.8 CONCLUSÃO

Atendendo à análise de resultados apresentada, conclui-se que em termos globais a cidade da Guarda apresenta um IEUS com um nível de desempenho acima do médio, para os fatores de sustentabilidade avaliados, com *score* igual a 0,63.

Os resultados obtidos para os subindicadores e os indicadores de desenvolvimento sustentável quantificam as especificidades da cidade, no contexto das dimensões de sustentabilidade definidas no modelo de análise multicritério. Assim, refletem detalhadamente o desempenho da cidade para todas as dimensões avaliadas e pertencentes ao modelo do IEUS. Da análise destas variáveis destacam-se algumas fragilidades encontradas para a cidade da Guarda e que devem ser melhoradas, nomeadamente: a) deficiente serviço dos transportes públicos; b) excessivo uso do carro privado apoiado pela facilidade de utilização deste meio de transporte dentro da cidade, com custos muito reduzidos associados ao estacionamento; c) excessivo consumo de combustível associado ao uso do carro privado, o qual se reflete no consumo dos recursos naturais; d) fraco investimento na despesa ambiental para a cidade; e) ocupação de zonas protegidas. Pela positiva, com bom desempenho para a cidade, destaca-se: f) a ampla disponibilidade de serviços básicos que permite que quase toda a população residente tenha algum serviço básico a menos de 300 metros da sua residência; g) as boas condições de habitação; h) a evolução positiva da demografia, que apesar de ultimamente ter diminuído ainda permite ter um bom nível de desempenho; i) o bom serviço dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, servindo 99% da população residente; j) a predisposição da população para se deslocar a pé ou de bicicleta, ainda que esta tendência tenha sido demonstrada na sua maioria para viagens do tipo não sistemáticas; k) a ausência de ocorrências associadas a desastres naturais e consequentes perdas económicas.

A análise setorial dos Domínios gerou novas dimensões de sustentabilidade para a cidade da Guarda. Os indicadores compostos MUS e CT apresentam um comportamento semelhante em todas as avaliações com diferentes atitudes de risco. Apesar de não exibirem resultados excelentes, a variação entre os *scores* obtidos para a avaliação pessimista e a avaliação otimista é pequena, com reduzido desvio padrão, mostrando que os resultados obtidos estão mais próximos da média. O indicador composto SA e o IEUS apresentam resultados iguais, para todas as avaliações, sendo a variação entre os *scores* obtidos para a avaliação pessimista e a avaliação otimista maior, confirmado pelo maior desvio padrão, revelando que os respetivos resultados estão mais afastados da média, com maior dispersão, relativamente à MUS e CT.

A análise de sensibilidade mostrou que a avaliação com atitude de risco neutro e *trade-off* total gera um resultado com maior coerência entre todos os cenários de avaliação de todas as dimensões de sustentabilidade avaliadas. A variação da atitude de risco baixa o nível de desempenho da cidade, obtendo-se *scores* mais baixos para as atitudes de risco baixo e mínimo, e aumenta o nível de desempenho para as avaliações com atitudes de risco alto e máximo. A avaliação com atitude de risco neutro, com alguma compensação dos valores de *score* dos Domínios, conduz a um resultado com desempenho acima do médio e próximo da solução com *trade-off* total.

De um modo geral, conclui-se que relativamente aos resultados obtidos para o IEUS, a cidade da Guarda deve fazer investimentos para melhorar o nível de desempenho do Índice para a cidade, o qual passará pela melhoria de todos os Domínios, exceto o Domínio D6 que apresenta *score* máximo. Por terem níveis de desempenho mais baixos, deve haver especial incidência na análise dos fatores que penalizam os Domínios D2, D4 e D5.

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1 INTRODUÇÃO

Neste Capítulo apresentam-se as principais conclusões do trabalho desenvolvido e exposto ao longo da Tese.

O modelo desenvolvido e proposto na presente Tese, suportado por uma análise multicritério que contempla um elevado número de indicadores de desenvolvimento urbano sustentável, com uma forte componente de análise geográfica, e resultantes de uma intensa revisão bibliográfica dispersa por muitos estudos e referências, foca-se em três grandes pontos-chave que visam discutir a expansão urbana sustentável: (i) o conceito de *sprawl* urbano, (ii) a pertinência em analisar e estudar a sustentabilidade urbana e (iii) a avaliação da forma como as cidades definiram os respetivos processos de planeamento, ordenamento e gestão territorial.

No que respeita ao *sprawl* urbano e à sustentabilidade urbana, o modelo introduz seis Domínios (*Dispersão e forma do crescimento urbano; Cobertura das infraestruturas básicas urbanas; Cobertura das infraestruturas viárias urbanas; Mobilidade urbana; Ocupação de zonas ambientalmente sensíveis; Ocupação de zonas de risco*) que visam sistematizar a análise do fenómeno do crescimento urbano e dessa forma compreender e avaliar o respetivo modelo de desenvolvimento da cidade. A natureza multidimensional dos seis Domínios que estruturam o modelo visa proporcionar uma análise integrada e holística, mas também mais próxima da realidade urbana. A hierarquização dos critérios que suporta o modelo proporciona a avaliação ao longo de todos os níveis hierárquicos, desde o nível inferior em que os subindicadores e os indicadores de sustentabilidade urbana avaliam as especificidades da cidade, face aos modelos de desenvolvimento e gestão adotados no passado e que se refletem nos padrões atuais, até ao nível mais abrangente do Índice de Expansão Urbana Sustentável e dos indicadores compostos, considerando todos ou parte dos Domínios em que se estrutura a análise do modelo. Deste modo, o modelo proposto na Tese permitirá aos gestores urbanos analisar a zona urbana de um

modo mais amplo ou mais pormenorizado, em termos geográficos, e assim identificar quais as componentes de sustentabilidade urbana em que a cidade possui bom desempenho e quais as componentes em que há a necessidade de definir ações e investir recursos para a prossecução de uma solução de desenvolvimento mais sustentável.

O modelo proposto permite gerar cenários de avaliação com base em indicadores compostos por análise parcial de Domínios que integram o modelo, permitindo a avaliação setorial da cidade e a definição de processos de planeamento, ordenamento e gestão territorial que podem ser mais efetivos para a concretização dos objetivos da sustentabilidade urbana e consolidação da respetiva expansão. Neste contexto, a atribuição de diferentes níveis de importância aos fatores urbanos a valorizar, considerando diferentes níveis de risco e *trade-off* (compensação de critérios), permite aos gestores urbanos identificar as melhores estratégias para a concretização da expansão urbana sustentável e identificar como essa concretização poderá e/ou deverá ocorrer pela consolidação urbana dentro dos limites da cidade atual. Deste modo, o modelo demonstra ser bastante robusto, face ao seu carácter integrado e holístico, proporcionando aos gestores urbanos uma análise comparativa entre o Índice de Expansão Urbana Sustentável, numa perspetiva global para toda a cidade, e a análise proporcionada pelos indicadores compostos, gerando vários cenários de avaliação de acordo com as dimensões definidas como prioritárias para o desenvolvimento sustentável da cidade.

Pela aplicação do modelo está subjacente a concretização de um fator muito relevante para o desenvolvimento da expansão urbana sustentável. Assim, o modelo reflete uma visão que se considera essencial para impedir o esvaziamento do interior das cidades e simultaneamente controlar o *sprawl* urbano, no sentido de valorizar o desenvolvimento sustentável da cidade, rentabilizando as infraestruturas, as redes e os equipamentos urbanos existentes, aumentando a sua taxa de utilização e reduzindo as deslocações pendulares, proporcionando uma melhor qualidade de vida aos habitantes da cidade.

O Capítulo está estruturado em cinco Secções, constituindo a primeira a presente Introdução. A segunda Secção refere-se às conclusões relativas ao desenvolvimento do modelo do Índice de Expansão Urbana Sustentável, apresentado no Capítulo IV. A terceira Secção diz respeito às conclusões mais importantes relativas à aplicação do Índice de Expansão Urbana Sustentável à cidade da Guarda, apresentada no Capítulo V e discutida no Capítulo VI. Na quarta Secção conclui-se sobre os resultados obtidos na análise parcial e na avaliação de cenários. São ainda apresentados os pontos fracos e os pontos fortes identificados a partir da análise realizada à cidade da Guarda. Na quinta Secção, e última, são indicadas algumas medidas para desenvolvimentos futuros.

7.2 MODELO DO ÍNDICE DE EXPANSÃO URBANA SUSTENTÁVEL - IEUS

Organizado sob os domínios do planeamento urbano integrado e sustentado, o modelo de análise multicritério agregou diferentes dimensões relacionadas com a sustentabilidade urbana, de modo a calcular um Índice de Expansão Urbana Sustentável. A identificação de fatores que permitem avaliar o modelo de expansão urbana em áreas contíguas ao núcleo urbano consolidado, seguindo os desígnios do desenvolvimento urbano sustentável, teve por base a pesquisa bibliográfica realizada de forma exaustiva. Definiu-se assim um conjunto de critérios, que depois de estruturados hierarquicamente organizaram o modelo de análise multicritério.

O grupo de critérios que constituem o topo do modelo, denominados por Domínios, estabeleceram as metas definidas para o estudo da sustentabilidade urbana em zonas de consolidação e expansão. Os seis Domínios identificados serviram de base conceptual para o desenvolvimento do modelo, permitindo identificar os critérios de forma a cumprir as respetivas metas. O conjunto de todos os critérios identificados estrutura uma ferramenta de apoio à decisão na avaliação do nível de sustentabilidade alcançado em zonas de expansão urbana, designada por Índice de Expansão Urbana Sustentável (IEUS).

A estrutura hierárquica adotada para o modelo do IEUS, segundo o Processo Analítico Hierárquico (AHP), sintetiza o cálculo do Índice em grupos de critérios, subdivididos em grupos de nível inferior, passando de níveis mais abrangentes para níveis mais específicos, terminando num nível de critérios facilmente quantificáveis e avaliáveis. Esta estrutura possibilitou conduzir o IEUS desde o nível mais abrangente, constituído pelos Domínios, até ao nível mais básico que expressa as especificidades associadas ao nível imediatamente superior e que se relacionam com a expansão urbana. Para além da definição dos vários critérios que constituem cada nível hierárquico, o modelo determina todos os procedimentos necessários à sua implementação a contextos urbanos.

O primeiro nível hierárquico do modelo, representado pelos Domínios, sintetiza os princípios orientadores relacionados com o desenvolvimento sustentável da expansão urbana. O segundo nível da estrutura hierárquica, denominados por Subdomínios, agrupa um conjunto de critérios que refletem temas específicos associados a cada um dos Domínios. Estes resultaram da necessidade em criar grupos de temas, de modo a agregar variáveis com objetivos semelhantes, as quais respondem aos objetivos do respetivo Domínio. O terceiro nível hierárquico, composto pelos indicadores de desenvolvimento sustentável, expressam as especificidades associadas a cada Subdomínio. Este grupo de critérios é constituído por fatores facilmente quantificáveis e acessíveis, capazes de caracterizar a realidade do território urbano

no contexto da sustentabilidade da cidade. A avaliação das dimensões da sustentabilidade, ambiental, social, económica e institucional, foi assim introduzida no modelo através dos indicadores de desenvolvimento sustentável. Constituindo a base da análise, foi efetuado um esforço de modo a que cada Subdomínio integrasse no mínimo um indicador. Alguns indicadores, por a respetiva definição se revelar demasiado complexa para o nível hierárquico em que se integram, ou por indicação das respetivas fontes bibliográficas, foram desagregados em novos critérios, designados por subindicadores. Este grupo constitui a base de toda a estrutura hierárquica do modelo, compondo o quarto nível da hierarquia. Foram definidos de forma a pormenorizarem os objetivos dos indicadores aos quais se associam, clarificando a respetiva meta, através da integração de medidas mais específicas das variáveis que representam.

Na pesquisa bibliográfica realizada para definir cada um dos indicadores e dos subindicadores, apresentada no Capítulo III, verificou-se que vários indicadores identificados em diferentes fontes bibliográficas, apesar de terem designações distintas tinham objetivos semelhantes. Nestes casos, agruparam-se as várias definições das respetivas fontes de modo a criar apenas um indicador que reunisse os mesmos objetivos de avaliação. Outros indicadores pesquisados, reunindo vários conceitos, foram desagregados originando novos indicadores ou subindicadores. Em outras situações, foram efetuadas algumas adaptações à definição original de modo a clarificar a definição dos respetivos indicadores para melhor se enquadrarem nos objetivos do modelo do IEUS.

Com base na definição dos subindicadores e dos indicadores desenvolveu-se a respetiva formulação de cálculo, de acordo com a sua natureza, quantitativa, espacial ou qualitativa. A escrita do formulário apoiou-se na terminologia usada pelo Instituto Nacional de Estatística nos Censos de 2011, em virtude desta ser uma fonte importante de dados referentes ao território nacional. Sempre que a natureza do subindicador ou do indicador o permitisse, indexou-se a escrita das equações à subsecção estatística, de modo a pormenorizar a análise espacial ao nível desta unidade territorial e observar quais as zonas da cidade onde o critério em análise apresenta melhor ou pior desempenho. Foram ainda estabelecidas escalas de avaliação ordinais e nominais para os subindicadores ou indicadores de natureza qualitativa. A formulação foi desenvolvida de modo a ser possível a sua adaptação para outras unidades territoriais, desde que existam dados disponíveis compatíveis, possibilitando a análise de uma dada zona urbana como um todo, ou como uma parte sobre a qual se requer o estudo.

O método de normalização dos subindicadores e dos indicadores que compõem o modelo do IEUS foi definido de acordo com a natureza ou tipologia de cada critério e também o tipo

de variável. Para critérios quantitativos com variáveis discretas definiu-se a respetiva normalização pelo cálculo do *Z_score*. Utilizou-se a função linear entre pontos para variáveis contínuas de critérios quantitativos. A especificação de cada função linear, de acordo com pontos de controlo pré-estabelecidos e resultantes da identificação de valores de referência, exigiu uma pesquisa bibliográfica exaustiva de várias plataformas, nacionais e internacionais, direcionada para o teor do indicador ou do subindicador a normalizar. A identificação dos pontos de referência a adotar em cada função para a definição dos respetivos pontos de controlo, para muitos dos indicadores ou dos subindicadores, revelou-se uma tarefa difícil, dado não existirem valores padrão, nacionais ou internacionais, facilmente identificáveis. Esta situação foi contornada adotando medidas qualitativas ou definindo valores de referência que se adequassem à avaliação do respetivo critério, suportados em fontes bibliográficas que fossem ao encontro do objetivo do respetivo indicador ou subindicador. Para os indicadores ou subindicadores do tipo qualitativo definiram-se escalas de avaliação, ordinais ou nominais, com níveis qualitativos. Para os critérios de natureza espacial, dependendo do tipo de variável, adotou-se uma função linear ou uma escala qualitativa ordinal.

Para a agregação dos critérios ao longo da estrutura hierárquica até ao primeiro nível, utilizou-se o método por combinação linear pesada, do inglês *Weighted Linear Combination* (WLC), com atribuição de pesos iguais a todos os critérios, produzindo soluções de risco neutro e máximo *trade-off*. Esta solução permitiu que os critérios com valores de *score* mais baixos fossem compensados por *scores* mais altos. Para o cálculo do IEUS e de modo a gerar diferentes cenários de avaliação adotou-se para a combinação dos Domínios o método média pesada ordenada, do inglês *Ordered Weighted Average* (OWA). Foram utilizados seis pontos do espaço estratégico de decisão com diferentes níveis de risco (*ANDness*) e *trade-off*. Assim, definiram-se os respetivos *order weights* de modo a criar os seguintes tipos de avaliação: risco mínimo, sem *trade-off*; risco neutro, *trade-off* total; risco máximo, sem *trade-off*; risco baixo, *trade-off* médio; risco neutro, *trade-off* médio; risco alto, *trade-off* médio. Neste sentido, a análise retribui o resultado global do IEUS com vários níveis de desempenho, permitindo, por um lado identificar os Domínios que penalizam o resultado e contribuem para baixar o resultado global do Índice, e por outro lado, identificar os Domínios mais favoráveis e que contribuem para aumentar o resultado global do Índice.

A análise setorial gerou três novas dimensões relacionadas com a sustentabilidade urbana, designadas por indicadores compostos, e resultou da agregação parcial e ponderada dos Domínios, com utilização dos métodos de combinação linear pesada e média pesada ordenada. Para cada indicador composto resultaram vários cenários de avaliação que permitiram realizar

a análise parcial dos Domínios. Por sua vez, a agregação linear ponderada dos indicadores compostos gerou novos cenários de avaliação, que quando comparados aos resultados do desempenho obtido para o IEUS permitiram realizar a análise de sensibilidade, assumindo diferentes níveis de atitude de risco, de modo a avaliar as vulnerabilidades do IEUS relativamente às variações verificadas e identificar o respetivo contributo das diferentes dimensões avaliadas para a sustentabilidade urbana.

As características relacionadas com a flexibilidade, a imparcialidade e a abrangência dos temas propostos no modelo do IEUS para a análise do desenvolvimento urbano sustentável, e a possibilidade de adaptação, permitem que esta ferramenta possa ser útil e aplicada em outros contextos, servindo de apoio às decisões dos gestores urbanos para a promoção de políticas de maior sustentabilidade.

7.3 APLICAÇÃO DO IEUS À CIDADE DA GUARDA

Após a estruturação do modelo do IEUS efetuou-se a sua validação como ferramenta de análise da sustentabilidade urbana, através da sua aplicação à cidade da Guarda.

Neste sentido, definiu-se previamente a zona de estudo, compreendida entre o limite do núcleo urbano consolidado e o perímetro urbano exterior. A ausência de uma delimitação oficial, objetiva e rigorosa do perímetro urbano da cidade da Guarda, obrigou a que se desenvolvessem duas metodologias, baseadas em dados estatísticos e dados espaciais, de modo a delimitar em primeiro lugar o perímetro urbano exterior da cidade da Guarda, e posteriormente a delimitação do núcleo urbano consolidado. Concluiu-se dos resultados obtidos a partir das duas metodologias, que o perímetro exterior urbano calculado engloba a zona de expansão urbana para a cidade e o núcleo urbano consolidado corresponde ao núcleo urbano mais antigo da cidade. No seguimento, definiu-se a zona de estudo relativa à área da cidade menos consolidada, subtraindo o núcleo urbano consolidado ao perímetro urbano da cidade.

A análise da evolução da edificação na zona urbana considerou dados estatísticos referentes ao número de edifícios construídos, desagregados ao nível da subsecção estatística e pertencentes a um período temporal de aproximadamente 100 anos, relativo ao período anterior a 1919 até 2011. Concluiu-se que o núcleo urbano mais antigo, respeitante ao período anterior a 1919, corresponde a uma área urbana contínua localizada na zona histórica da cidade. Entre o primeiro período (anterior a 1919) até 1970 a área urbana cresceu moderadamente. Até 1960 o crescimento urbano foi de baixa expansão, verificando-se o preenchimento da área urbana ocupada durante os períodos iniciais. Entre a década de 1960 até 1970 houve alguma expansão urbana, mas de forma controlada, concluindo-se que o preenchimento do centro da cidade

normalizou ao longo da década 1960-1970 originando uma área urbana consolidada. A partir de 1970 aumentou a expansão e a descontinuidade das áreas construídas, registando-se a partir de 1980 um aumento do espalhamento da área com maior ocupação urbana (construções). A rápida urbanização iniciada entre a década de 1970 e 1980 conduziu à expansão da cidade de forma fragmentada, revelando tendência de *sprawl* a partir de 1970.

A análise da evolução dos edifícios construídos e da evolução da população residente na zona de estudo mostrou que até 2011 o número de construções foi superior ao crescimento da população, com taxas de crescimento negativas para a população e positivas para a construção no período 2001-2011. A afetação do solo a novas construções, alheada das taxas demográficas demonstra fragilidades das políticas aplicadas na gestão sustentável do uso do solo e dos recursos naturais, bem como no planeamento urbano, para o período analisado, mostrando uma zona urbana com grande consumo de recursos naturais e de baixa densidade humana, particularidades do *sprawl* urbano.

Definida e caracterizada a zona de estudo, procedeu-se à aplicação do modelo do IEUS à zona urbana identificada. Neste sentido, de acordo com o modelo de cálculo definido para os subindicadores e os indicadores avaliou-se o tipo de dados necessários e quais as instituições a recorrer para a respetiva cedência. Uma das preocupações iniciais foi garantir a disponibilidade de dados de modo a que fosse possível avaliar todos os Domínios.

A recolha de dados mostrou-se uma tarefa árdua e demorada, dado o número de instituições que tiveram de ser consultadas, aos atrasos e insistência necessária de modo a obter respostas positivas. Consultaram-se também algumas fontes de bases de dados e de informação estatística. Foram ainda realizados inquéritos à população residente na zona urbana e a empresas com sede na cidade da Guarda. Estes últimos acabaram por não ser utilizados, dado o reduzido número de respostas obtidas. Dada a extensa lista de dados necessários para a implementação do modelo e a diversidade de entidades gestoras desses mesmos dados, com calendários próprios, ou por as próprias instituições não disporem de dados mais atuais, não foi possível que os mesmos se referissem a anos civis iguais ou fossem mais atuais. Após a recolha, tratando-se de informação com diferentes formatos e origens, houve necessidade de analisar cuidadosamente de modo a extrair os elementos necessários para o cálculo dos subindicadores e dos indicadores. No total avaliaram-se 19 dos 21 subindicadores e 38 dos 44 indicadores, o que possibilitou avaliar 26 dos 28 Subdomínios e todos os 6 Domínios.

O grande número de subindicadores e de indicadores avaliados, apenas com a impossibilidade de avaliação de dois dos critérios pertencentes ao segundo nível hierárquico, sugere que o IEUS pode ser aplicado a muitas outras cidades de pequena e média dimensão.

Para essa aplicação ser mais efetiva em cada cidade, poderá justificar-se serem feitas pequenas adaptações do processo de normalização em alguns subindicadores ou indicadores.

Dos resultados obtidos, pode concluir-se que o IEUS atingiu um valor global satisfatório para a cidade da Guarda, com um *score* igual a 0,63 para a avaliação com total compensação de critérios e risco neutro. À exceção das avaliações com risco baixo e risco mínimo, todos os resultados obtidos para o IEUS ficaram acima do valor médio (0,50), tendo-se obtido para a avaliação otimista o *score* mais alto, igual a 1,00. Este resultado advém de no Domínio D6, que avalia a ocupação de zonas de risco, o desempenho se ter demonstrado máximo. No entanto, obteve-se uma grande amplitude de resultados para os 6 Domínios (ver Figura 6.3) desde o *score* mais baixo (0,25) respeitante à ocupação de zonas ambientalmente sensíveis, ao *score* mais alto (1,00) relativo à ocupação de zonas de risco. Estes dois valores extremos têm forte influência na avaliação do IEUS com respeito às avaliações com risco mínimo e risco máximo, respetivamente.

Os resultados indicam que para melhorar o *score* global do IEUS para a cidade da Guarda, as ações de melhoria devem incidir essencialmente na vertente da ocupação de zonas ambientalmente sensíveis (retirando algumas das ocupações existentes) e da mobilidade urbana (tornando a cidade mais amigável para os utilizadores e com modelos mais sustentáveis, diminuindo a necessidade de utilizar o automóvel), seguido da cobertura das infraestruturas básicas urbanas e da dispersão e forma do crescimento urbano. O Domínio relativo à cobertura das infraestruturas viárias urbanas também poderá ser melhorado, no entanto com um *score* igual a 0,84 não é prioritário. A análise pormenorizada dos subindicadores e dos indicadores calculados para a cidade da Guarda permitiu ainda concluir sobre os aspetos que contribuem positivamente para o IEUS e os fatores críticos que dificultam o desenvolvimento da sustentabilidade urbana, como se apresenta de forma detalhada no Capítulo VI.

7.4 RESULTADOS DO IEUS

A análise parcial por combinação dos Domínios gerou diferentes cenários de avaliação relativos aos indicadores compostos: Coesão Territorial, Mobilidade Urbana Sustentada e Sustentabilidade Ambiental. A Coesão Territorial atingiu resultados de mediano a alto para as várias avaliações, mostrando que mesmo para o pior cenário (avaliação pessimista) este indicador composto tem desempenho médio. No entanto, a promoção de melhorias prioritariamente na vertente da cobertura das infraestruturas básicas urbanas, seguido da dispersão e forma do crescimento urbano aumentará o seu desempenho. Para a Mobilidade Urbana Sustentável obtiveram-se valores semelhantes à Coesão Territorial, no entanto com

interpretações diferentes face aos fatores subjacentes. Para este indicador composto, conclui-se que a mobilidade urbana é o fator que mais penaliza os resultados obtidos em todas as avaliações. Por conseguinte, é importante estabelecer ações na cidade que promovam a melhoria da mobilidade urbana no sentido de promover e melhorar o desempenho da Mobilidade Urbana Sustentável.

Tendo por base a aplicação do modelo à cidade da Guarda, referem-se algumas considerações relativas ao tipo de mobilidade urbana existente. Considera-se que o uso quase exclusivo do carro nas deslocações dentro da cidade deve merecer especial atenção, de modo a serem implementadas medidas para que esta tendência seja revertida. O elevado grau de utilização de transporte privado é indicativo de um modelo de mobilidade urbana não funcional, considerando-se por isso ser crucial a realização de estudos de mobilidade aplicados à cidade, de forma a identificar os pontos fracos a este respeito e implementar medidas corretivas e de melhoria, numa perspetiva de mobilidade urbana sustentável. Verifica-se que o excessivo uso do transporte privado é coadjuvado pelas reduzidas ou inexistentes taxas de estacionamento, pelo fraco funcionamento da rede de transportes públicos e horários praticados. Por outro lado, o número médio de ocupantes por veículo também é inquietante, observando-se que por viagem, em média ocupam o mesmo veículo menos de 2 indivíduos. Numa perspetiva económica para a comunidade urbana, a ausência de custos associados à circulação rodoviária é positiva, pois não acarreta esforços financeiros acrescidos à sociedade. Segundo uma abordagem de mobilidade urbana sustentável, a livre circulação pelas vias urbanas, não havendo condicionantes, pode ser desfavorável à comunidade uma vez que aumenta os níveis de ruído na cidade e a emissão de gases, gera pontos de conflito entre o automóvel e o peão, entre outros fatores negativos. Neste contexto, entende-se que deste ponto de vista o modelo de circulação rodoviária na cidade é de baixa sustentabilidade, dado que os custos evitam a circulação excessiva em alguns locais. Assim, seria importante implementar medidas de modo a tornar a mobilidade urbana na cidade da Guarda mais sustentável. Referem-se como exemplos: melhorar o serviço de transporte público, tornando-o mais próximo da população e que corresponda às suas necessidades; criar políticas de mobilidade que contrariem a fácil circulação dos veículos automóveis dentro da cidade; sensibilizar a população para a partilha de veículo nas suas viagens, de modo a aumentar o número de ocupantes por veículo; utilização de energias alternativas nos transportes públicos e frota municipal; tornar a mobilidade pedonal mais acessível, com o alargamento dos passeios e criar mais espaços exclusivamente pedonais.

A Sustentabilidade Ambiental é de todos os indicadores compostos o que apresenta resultados mais dispersos. Os resultados obtidos nas várias avaliações mostram que o Domínio

relativo à ocupação de zonas ambientalmente sensíveis é o único fator que penaliza o desempenho deste indicador composto. Assim, é importante que sejam implementadas medidas no sentido de melhorar este Domínio de modo a melhorar o desempenho da Sustentabilidade Ambiental, em especial gerir eficazmente a ocupação de áreas protegidas.

Confrontando os resultados obtidos para os indicadores compostos e para os resultados do IEUS, verificou-se que para os cenários de avaliação com risco neutro e *trade-off* total todos os resultados são similares, concluindo-se que este tipo de avaliação permite atingir o resultado mais consistente para o IEUS (0,63) com a convergência dos valores de todas as variáveis. Conclui-se que a melhoria do nível de desempenho do IEUS para a cidade da Guarda, para atitudes de risco mínimo e baixo está diretamente relacionada com a melhoria dos resultados do indicador composto Sustentabilidade Ambiental. Querendo assumir atitudes de maior risco, para atitudes de risco máximo e alto, os resultados do IEUS podem ser melhorados com a promoção de ações de melhoria dos indicadores compostos Coesão Territorial e Mobilidade Urbana Sustentável. No entanto, se todos os indicadores compostos aumentarem os resultados, também aumentará o resultado global do IEUS referente à atitude de risco neutro e *trade-off* total, melhorando-se assim o nível de sustentabilidade da cidade da Guarda.

A análise de sensibilidade mostrou ainda que, na combinação ponderada dos indicadores compostos os valores de *score* obtidos são maiores comparativamente aos resultados do IEUS para as avaliações de menor risco; para as avaliações com maior risco os *scores* são menores quando comparados com os resultados do IEUS. Para o nível intermédio, com risco neutro e *trade-off* total, todos os resultados referentes aos cenários de avaliação e ao IEUS são próximos. A análise confirmou ainda que, é possível melhorar o resultado global do IEUS valorizando o indicador composto Sustentabilidade Ambiental para atitudes de risco baixo e risco mínimo, e para as atitudes de risco alto e risco máximo a valorização dos indicadores compostos Coesão Territorial e Mobilidade Urbana Sustentável também permite aumentar o resultado global do IEUS.

Por conseguinte, é possível melhorar o desempenho da cidade da Guarda segundo a avaliação global do Índice de Expansão Urbana Sustentável. Para isso acontecer, os gestores da cidade possuem agora uma avaliação que identifica quais os subindicadores e os indicadores que obtiveram resultados críticos, *scores* mais baixos, e que devem suscitar ações que envolvam alterações de comportamento e melhorias nos subsistemas urbanos. Neste sentido, identificaram-se os Subdomínios que obtiveram resultados mais baixos como aspetos críticos para a cidade da Guarda e que devem ser melhorados. Este conjunto refere-se aos Subdomínios com *score* menor que 0,50 (valor médio), permitindo identificar os pontos fracos da cidade

relativamente à avaliação do Índice e portanto os principais aspetos a melhorar. Um outro conjunto de Subdomínios refere-se aos resultados com *score* maior ou igual que 0,50, o qual identifica os pontos fortes resultantes da análise para a cidade. Apresentam-se na Tabela 7.1 os referidos conjuntos dos Subdomínios, escritos por ordem crescente do valor de *score* para o conjunto relativo aos pontos fracos (*score* a variar entre 0,00 e 0,49) e por ordem decrescente do valor de *score* para o conjunto referente aos pontos fortes (*score* a variar entre 1,00 e 0,50).

Tabela 7.1 – Pontos fracos e pontos fortes identificados na análise efetuada à cidade da Guarda

| Pontos fracos Subdomínios com menor <i>score</i> | Pontos fortes Subdomínios com maior <i>score</i> |
|---|---|
| Manutenção das infraestruturas urbanas | Integração das infraestruturas urbanas |
| Consumo de recursos naturais | Parqueamento |
| Localização de zonas ambientalmente sensíveis | Meios de transporte não poluentes |
| Diversificação modal | Vulnerabilidade |
| Custos para a mobilidade | Acidentes naturais |
| Transporte individual | Sinistralidade rodoviária urbana |
| Disponibilidade e qualidade do transporte público | Distribuição das infraestruturas de transporte |
| Apoio ao cidadão | Inclusão social |
| Aspetos sociais | Tipo de viagem |
| | Efeito de barreira |
| | Manutenção das infraestruturas de transporte |
| | Fluidez e circulação |
| | Configuração do crescimento urbano |
| | Planeamento e gestão de equipamentos urbanos |
| | Política de tarifário |
| | Lugares de estacionamento |
| | Formas de ocupação |

De seguida apresentam-se algumas conclusões gerais relativas ao modelo do IEUS e respetiva aplicação.

Conceptualmente o modelo apresenta poucas fragilidades, nomeadamente: o processo de normalização de alguns subindicadores e indicadores; o modelo obriga a que se desenvolva localmente um processo completo de recolha de dados e respetiva normalização a nível dos subindicadores e dos indicadores.

As principais limitações sentidas na aplicação do modelo do IEUS prendem-se com os dados de base necessários para o cálculo dos subindicadores e dos indicadores, nomeadamente: a diversidade de dados necessários cria contratempos na respetiva recolha e tratamento; a avaliação de alguns subindicadores e indicadores requerem dados locais difíceis de obter, ou por inexistência dos mesmos ou por as entidades locais negarem a sua cedência; a dificuldade em obter dados relativos aos mesmos anos civis, devido aos diferentes calendários instituídos pelas entidades a consultar; a impossibilidade em obter alguns dados atualizados, em especial

a informação cartográfica por exigir períodos longos para a sua atualização e também pelo custo associado. No entanto, estas limitações foram contornadas e não impediram a aplicação do modelo à cidade da Guarda, tendo sido feito um esforço para obter os dados na sua forma mais atual possível.

Assim, um aspeto fundamental para que o modelo seja aplicado integralmente é o desenvolvimento de um processo de recolha de dados que permita a avaliação de todos os seus subindicadores e indicadores. Contudo, para cidades em que não seja possível a recolha total de dados para o cálculo global do IEUS é possível realizar a análise específica de Domínios e Subdomínios, constituindo deste modo uma ferramenta útil de análise e de apoio ao planeamento urbano em prol da sustentabilidade.

Todavia, apesar das fragilidades apontadas, o modelo é robusto e permite obter resultados que evidenciam os aspetos a melhorar nas cidades e também identificar quais os aspetos positivos na perspetiva do Índice de Expansão Urbana Sustentável. Por conseguinte, o modelo constitui uma ferramenta de apoio ao planeamento urbano e à gestão sustentável da cidade, auxiliando as administrações locais a conhecer os fatores da cidade mais ou menos funcionais. Dessa forma, os gestores das cidades poderão tomar decisões em prol de uma cidade mais sustentável, segundo um conjunto de medidas a implementar para melhorar a sustentabilidade urbana e a utilização mais eficiente dos recursos naturais. Também, se aplicado numa análise temporal, é possível de forma transparente evidenciar junto das populações os resultados obtidos com base em medidas concretas, ou ainda, fazer cenários de forma a identificar quais os ganhos para a cidade se determinadas medidas forem adotadas em prol da sustentabilidade urbana.

Por último, referir que a conjuntura envolvida no desenvolvimento do Índice de Expansão Urbana Sustentável, desde as metas delineadas, a argumentação e os resultados obtidos, se enquadram nas medidas de ação propostas no Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT, 2018c, 2019), em particular na Medida 1.9 relativa a “Promover a reabilitação urbana, qualificar o ambiente urbano e o espaço público”. Este aspeto mostra que se trata de um tema atual e necessário, comprovando a utilidade e a aplicabilidade do modelo exposto nesta Tese como uma ferramenta inovadora de análise urbana e apoio à tomada de decisão, num quadro de desenvolvimento urbano sustentável.

7.5 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Qualquer processo de investigação não é estanque, mas de contínua evolução. Apenas assim poderá manter-se útil e atual.

No sentido de aperfeiçoar o Índice de Expansão Urbana Sustentável, sugerem-se alguns desenvolvimentos futuros entendidos como fundamentais, para que a metodologia possa ser aplicada de uma forma generalizada a várias cidades:

- melhorar o processo de normalização de alguns subindicadores e indicadores, de forma a desenvolver técnicas mais detalhadas para a definição dos pontos de controlo da função de normalização. Esta medida aplica-se essencialmente aos subindicadores e indicadores que por falta de valor *standard* foram avaliados de forma qualitativa ou empírica, sem dados efetivos, transferindo subjetividade para o processo de normalização. A melhoria deste procedimento poderá passar por realizar inquéritos ou entrevistas a painéis de especialistas, no sentido de estabelecer valores de referência para a definição dos pontos de controlo da função de normalização;

- aperfeiçoar a seleção da função *fuzzy* e da respetiva calibração ao tipo de critério a normalizar. Esta medida, à semelhança da anterior, poderá ser implementada por consulta a painéis de especialistas que dada a sua experiência, auxiliarão na seleção mais adequada para a função *fuzzy* e respetivos pontos de controlo de acordo com o tipo de critério a normalizar;

- implementar um método de avaliação de pesos para os critérios, de modo a integrar na análise a importância relativa dos critérios que compõem o IEUS. Adequam-se ao objetivo da análise do IEUS o método baseado na distribuição de pontos e o método comparação par-a-par, apesar deste último ser de aplicação mais complexa;

- implementar procedimentos que permitam a recolha organizada dos dados para o cálculo dos subindicadores e dos indicadores do IEUS, de modo a uniformizar esta tarefa, permitindo dispor de dados adequados, desagregados e atualizados;

- certificar o conjunto de subindicadores e de indicadores que integram o modelo do IEUS, consultando peritos em planeamento urbano e gestão de cidades, no sentido de recolher contribuições para o aperfeiçoamento do modelo.

Relativamente às potencialidades da aplicação do modelo, propõem-se também algumas medidas futuras:

- otimizar o modelo do IEUS de modo a adequar a sua aplicação à gestão de cada cidade, com a identificação dos subindicadores e dos indicadores relevantes para a cidade em causa;

- acompanhar as políticas e objetivos pré-definidos para o planeamento e a gestão urbana, de modo a contextualizar o modelo do IEUS às políticas vigentes no país e a nível internacional para a gestão de cidades;

- adotar o IEUS como uma ferramenta útil de apoio ao desenvolvimento de políticas públicas no âmbito da gestão sustentável de cidades.

Seria ainda de interesse, otimizar o IEUS no sentido de evoluir para uma ferramenta mais amigável, simplificando a sua implementação, nomeadamente criar ferramentas de cálculo para os subindicadores e os indicadores e respetiva normalização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboulnaga, M. M. e Abdullah, S. (2011). Sustainable Cities: Strategy and Indicators for Healthy Living Environments. *World Renewable Energy Congress 2011, Sustainable Cities and Regions*, (pp. 3018-3025). Linköping, Sweden.
- Abrantes, P., Fontes, I., Gomes, E., Rocha, J. (2016). Compliance of land cover changes with municipal land use planning: Evidence from the Lisbon metropolitan region (1990-2007). *Land Use Policy* 51, 120-134.
- Abrantes, P., Pimentel, D., Tenedório, A. (2010). Metropolitan Dynamics Typology of the Portuguese Urban System. *The Open Urban Studies Journal* 3, 68-77.
- Adelle, C. e Pallemarts, M. (2009). *Sustainable Development Indicators - Overview of relevant FP-funded research and identification of further needs*. European Commission . European Communities, 2009.
- AdZC. (2014). *Águas do Zêzere e Côa (2014) - Relatório e Contas*. Águas do Zêzere e Côa. Guarda: Águas do Zêzere e Côa.
- Ahmad, F. e Goparaju, L. (2016). Analysis of urban sprawl dynamics using geospatial technology in Ranchi City, Jharkhand, India. *Journal of Environmental Geography* 9, 7-13.
- Albergaria, H. (1999). A dinâmica populacional das cidades do Continente Português. (I. N. Estatística, Ed.) *Revista de estatística*, 2, p. 21.
- Ananda, J. e Herath, G. (2008). Multi-attribute preference modelling and regional land-use planning. *Ecological Economics*, N. 65, 325-335.
- Arribas-Bel, D., Nijkamp, P., Scholten, H. (2011). Multidimensional urban sprawl in Europe: A self-organizing map approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 35, 263-275.
- ASVV. (1998). *Recommendations for traffic provisions in built-up areas*. . CROW, Ede.
- Awasthi, A., Chauhan, S., Goyal, S. (2011). A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty. (Elsevier, Ed.) *Mathematical and Computer Modelling* 53 (2011), 98-109. doi:10.1016/j.mcm.2010.07.023.

- Balsas, C. (2000). Cities center revitalization in Portugal, lessons from two medium size cities. *Cities* 17, 19-31.
- Batista, F. S. e Marques, T. (2010). The Study of Urban Growth through Multi-temporal Cartography and Spatial Indicators: the case of Porto Region, Portugal. *17th International Seminar on Urban Form (ISUF)*, (p. 24p.). Hamburg and Lübeck.
- Batty, M., Besussi, E., Chin, N. (2003). Traffic, Urban Growth and Suburban Sprawl. *Working Papers Series, Novembro 2003, ISSN 1467-1298, Paper 70*. University College London - Centre for Advanced Spatial Analysis.
- Baz, I., Geymen, A., Er, S. N. (2009). Development and applications of GIS-based analysis/synthesis modeling techniques for urban planning of Istanbul Metropolitan Area. *Advances in Engineering Software*, N. 40, 128-140.
- Berrini, M., Bono, L., Ferrari, G., Tarzia, V., Merola, M. (2003). *European Common Indicators (ECI) Towards a Local Sustainability Profile*. Milano, Italy: Valentina Tarzia, Ambiente Italia Research Institute.
- BEUC. (2012). Emissões de CO2: novas metas para os automóveis. <https://www.deco.proteste.pt/auto/automoveis/noticias/emissoes-co2-novas-metas-para-automoveis>. <https://www.deco.proteste.pt/auto/automoveis/noticias/emissoes-co2-novas-metas-para-automoveis>: Deco Proteste.
- Bhatta, B., Saraswati, S., Bandyopadhyay, D. (2010). Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data. *Applied Geography*, N. 30, 96-111.
- Black, W. R. (1996). Sustainable transportation: a US perspective. *Journal of Transport Geography* n.º4, 151-159.
- Borruso, G. (2003). Network Density and the Delimitation of Urban Areas. *Transactions in GIS* 7(2), 177-191.
- Bossard, E. G. (1999). Envisioning Neighborhood Quality of Life Using Conditions in the Neighborhood Access To and From Conditions in the Surrounding Region. Em P. Rizzi (Ed.), *Computers in Urban Planning and Urban Management on the Edge of the Millenium*. Venice: Franco Angeli.
- Bouaichi, A. (2013). Territorial Assessment of the Urban Peripheries Fragmentation in Fez, Morocco. *ARCC*, 112-120.
- Bromley, R., Matthews, D., Thomas, C. (2007). City centre accessibility for wheelchair users: the consumer perspective and the planning implications. *Cities* 24(3), 229-241.

- Carranca, M. A. e Castro, N. (2011). *Dinâmica dos Perímetros Urbanos nos PDM revistos após a Publicação do PNPO*. DGOTDU. Lisboa - Portugal: Direcção Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano.
- Carrasco, J. S. e Puebla, J. M. (2014). Delimitation and characterization of new urban spaces in Valencia. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 64*, 433-436.
- Carrilho, M. J. e Craveiro, M. L. (2015). A Situação Demográfica Recente em Portugal. (I. N. Estatística, Ed.) *Revista de Estudos Demográficos*, 24, 57-107.
- Carver, S. J. (1991). Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems. *International Journal of Geographic Information Systems*, Vol. 5 (3), 321-339.
- Castro, A. A., Melo, R. A., Silveira, J. A., Silva, G. J., Lapa, T. A. (jul./set. de 2015). Interfaces rodoviário-urbanas no processo de produção das cidades: estudo de caso do contorno rodoviário de João Pessoa, PB, Brasil. (A. N. Construído, Ed.) *Ambiente Construído*, n. 3, 15, 175-199. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000300034>.
- Cavallo, E., Galiani, S., Noy, I., Pantano, J. (2010). *Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth*. Inter-American Development Bank, Department of Research and Chief Economist. Inter-American Development Bank.
- CE. (2011). Glossário do Desenvolvimento Territorial (Versão traduzida). Em DGOTDU (Ed.), *Conferência Europeia dos Ministros responsáveis pelo Ordenamento do Território do Conselho da Europa (CEMAT)* (p. 49). Lisboa: DGOTDU, setembro 2011.
- Chang, N., Parvathinathan, G., Breeden, J. (2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of Environmental Management*, N. 87, 139-153.
- Chaudhry, O. e Mackaness, W. (2008). Automatic identification of urban settlement boundaries for multiple representation databases. *Computers, Environment and Urban Systems* 32, 95-109.
- Chen, X. (2006). An Integrative Theory: The Human Ecology and the Political Economy Perspectives in Study of Urban Sprawl. *Paper Presented at the annual meeting of the American Sociological Association, Montreal Convention Center*. Montreal, Quebec, Canada: Online PDF. Obtido em 05 de 03 de 2009, de http://www.allacademic.com/meta/p104266_index.html.
- Christiansen, P. e Loftsgarden, T. (2011). *Drivers behind urban sprawl in Europe. Report 1136/2011. 29 pp*. Oslo, February 2011: Institute of Transport Economics - Norwegian Centre for Transport Research.

- CMG. (1994). Câmara Municipal da Guarda (1994) - Plano Director Municipal da Guarda (Municipal Master Plan). *Diário da República, I Serie - B, N.º 166 - 20-7-1994*, pp. 3945-3962.
- CMG. (2014). *Câmara Municipal da Guarda (2014) - Prestação de Contas 2014*. Câmara Municipal da Guarda. Guarda: Câmara Municipal da Guarda.
- Costa, E. M., Rocha, J., Rodrigues, M. (2009). Urban Form Analysis employing land cover and spatial metrics - the case of the Lisbon Metropolitan Area. *5 CTV*, (p. 12). Barcelona. Obtido em 30 de 06 de 2012.
- Costa, E. M., Rocha, J., Rodrigues, M., Abrantes, P. (2010). Delimitação da área morfológica urbana das cidades de Portugal Continental através da densidade da rede viária. *Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica 2010*, (p. 6). Oeiras, Portugal. Obtido em 30 de 06 de 2012.
- Costa, J. F. (2008). *Projecto de um parque de estacionamento - Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Vias de Comunicação*. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Costa, N. M. (2007). *Mobilidade e Transporte em Áreas Urbanas. O caso da Área Metropolitana de Lisboa. Tese de Doutoramento em Geografia*. Faculdade de Letras de Lisboa - Universidade de Lisboa, Geografia. Lisboa: Faculdade de Letras de Lisboa - Universidade de Lisboa.
- CSE. (2014). Conselho Superior de Estatística, Deliberação n.º 1494/2014 - Tipologia de áreas urbanas - 2014. *Diário da República, 2.ª série - N.º 114 - 29 de julho de 2014*.
- Deakin, M. e Curwell, S. (2004). The BEQUEST Framework: the Vision and Methodology of a Collaborative Platform for Sustainable Urban Development. *EnvironInfo*, 91-104. Obtido em outubro de 2012, de <http://www.surveying.salford.ac.uk/bqextra>.
- DGOTDU. (2002). *National Urban System - Medium sized cities and territorial Dynamics*. Direção-Geral Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano. Lisboa: DGOTDU. Synthesis of the Study 4.
- DGT. (2007). *Carta de Uso e Ocupação do Solo 2007 (COS 2007)*. (Direção Geral do Território) Obtido em Março de 2017, de Direção Geral do Território : <http://www.dgterritorio.pt>.
- DGT. (2015). *Carta Administrativa Oficial de Portugal - Versão 2015*. (Direção Geral do Território) Obtido em Setembro de 2017, de Direção Geral do Território: <https://www.dgterritorio.pt>.

- Dizdaroglu, D. (2017). The Role of Indicator-Based Sustainability Assessment in Policy and the Decision-Making Process: A Review and Outlook. (A. E. Yigitcanlar, Ed.) *Sustainability* 2017, 9, 1018, 28.
- Dong, G., Xu, E., Zhang, H. (2016). Spatiotemporal Variation of Driving Forces for Settlement Expansion in Different Types of Counties. (A. E. O'Brien, Ed.) *Sustainability*, 8, 39. doi:10.3390/su8010039.
- DR. (1998). Lei de bases da política de ordenamento do território e de urbanismo - Lei n.º 48/98 de 11 de Agosto. (A. d. República, Ed.) *Diário da República n.º 184, Série I-A de 1998-08-11, 48/98*, pp. 3869-3875.
- DR. (2014). Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo - Lei n.º 31/2014 de 30 de maio. (A. d. República, Ed.) *Diário da República n.º 104/2014, Série I de 2014-05-30, 31/2014*, pp. 2988 - 3003.
- DR. (2015). Resolução do Conselho de Ministros n.º 61/2015. (P. d. Ministros, Ed.) *Diário da República, 1.ª série — N.º 155 — 11 de agosto de 2015*, pp. 5704-5741.
- Drobne, S., Žaucer, T., Foški, M., Lamovšek, A. Z. (2014). Continuous Built-Up Areas as a Measure For Delineation Of Urban Settlements. *Journal of the Association of Surveyors of Slovenia | letn. / Vol. 58 | št. / No. 1* |, 69-102.
- Dron, D., De Lara, M. C., Lepage, C. (1995). *Pour une politique soutenable des transports: rapport au ministre de l'environnement*. Ministère de l'environnement, France. Paris: La Documentation française.
- Dur, F., Yigitcanlar, T., Bunker, J. (2009). A decision support system for sustainable urban development: the integrated land use and transportation indexing model. *Proceedings for Second Infrastructure Theme Postgraduate Conference 2009 - Rethinking Sustainable Development: Planning, Infrastructure Engineering, Design and Managing Urban Infrastructure, 26 March 2009*. Queensland: University of Technology, Brisbane, Queensland.
- Eastman, J. R. (1997). *IDRISI for Windows: User's Guide. Version 2.0*. Worcester: Clark University-Graduate School of Geography.
- Eastman, J. R. e Jiang, H. (1996). Fuzzy Measures in Multi-Criteria Evaluation. *Second International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Studies, May 21-23* (pp. 527-534). Fort Collins: Proceedings Second International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Studies, May 21-23.

- Eastman, J. R., Jiang, H., Toledano, J. (1998). Multi-Criteria and Multi-Objective decision Making for Land Allocation Using GIS. Em E. Beinat, & P. Nijkamp (Edits.), *Multicriteria Analysis for Land-Use Management* (pp. 227-251). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Easton, A. (1973). *Complex managerial decision involving multiple objectives*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- EC. (2016). *The State European Cities 2016 - Cities leading the way to a better future*. European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. Brussels, Belgium: European Union and United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).
- EEA. (2006). *Urban Sprawl in Europe - The ignored challenge. EEA Report - No 10/2006. 56pp*. European Environment Agency. Copenhagen: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 92-9167-887-2.
- EEA. (2011). Urban soil sealing in Europe. (E. E. Agency, Ed.) *European Environment Agency*, p. 8.
- EEA. (2016). *Air quality in Europe — 2016 Report No 28/2016*. European Environment Agency. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. doi:doi:10.2800/80982.
- EEA. (2017a). *European Environment Agency*. Obtido em 2018, de Urban Atlas: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas>.
- EEA. (2017b). *Landscapes in transition - An account of 25 years of land cover change in Europe. EEA report No 10/2017*. European Environment Agency, European Environment Agency. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.
- Ekins, P. e Cooper, I. (1993). *Cities and Sustainability, a Joint Research Agenda for the Economic and Social Research Council and Science and Engineering Research Council (SERC)*. Swindon, England.
- ENMC. (2017). *Incorporação: Metas e Obrigações*. <http://www.enmc.pt/pt-PT/atividades/biocombustiveis/explicador/incorporacao-metas-e-obrigacoes-2/>: Entidade Nacional para o Mercado de Combustível.
- Ertan, T. e Eğercioğlu, Y. (2016). Historic city centre urban regeneration: case of Malaga and Kemeralti, Izmir. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 223, 601-607.
- ESPON. (2006). *ESPON 1.4.1 - The Role of Small and Medium-Sized Towns (SMESTO), Final Report*. European Spatial Planning Observation Network. Vienna: Austrian Institute for Regional Studies and Spatial Planning. doi:ISBN: 3-902499-00-1.

- EUROSTAT. (1992). *The statistical concept of the town in Europe*. Luxembourg.
- EUROSTAT. (2009). *Sustainable development in the European Union - 2009 monitoring report of the EU sustainable development strategy*. European Commission. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. doi:10.2785/2901.
- Fernandes, A. C. (2012). *Metodologias de Avaliação da Qualidade dos Espaços Públicos. Dissertação de Mestrado*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil. Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Obtido de <http://www.fe.up.pt>.
- Fernandes, I. D., F. F. A., Ferreira, P. B., Jalali, M. S., & António, N. J. (2018). Assessing sustainable development in urban areas using cognitive mapping and MCDA. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, N. 3, 25, 216–226. doi:<https://doi.org/10.1080/13504509.2017.1358221>.
- Fernandes, J. (2008). *Requalificação da Periferia Urbana - Expansão urbana, forma urbana e sustentabilidade urbana na requalificação da periferia de Coimbra. Dissertação de Mestrado*. Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa.
- Ferreira, J. A. e Condessa, B. (2012). Defining expansion areas in small urban settlements – An application to the municipality of Tomar (Portugal). *Landscape and Urban Planning* 107, 283– 292. doi:10.1016/j.landurbplan.2012.06.008.
- Ferreira, J. A., Condessa, B., Almeida, J. C., Pinto, P. (2010). Urban settlements delimitation in low-density areas - An application to the municipality of Tomar (Portugal). *Landscape and urban Planning* 97, 156-167. doi:10.1016/j.lanurbplan.2010.05.007.
- Findlay, A., Morris, A., Rogerson, R. (1988). Where to live in Britain in 1988: Quality of life in British Cities. *Cities*, Vol. 5 (3), 268-276.
- Francisco, M. D. (2005). Espaço Público Urbano: Oportunidade de Identidade Urbana Participada. *A Geografia Ibérica no Contexto Europeu: Actas do X Colóquio Ibérico de Geografia* (p. 16). Évora, 22 a 24 de setembro: Universidade de Évora. Obtido de http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/053.pdf.
- Gomes, M. L., Marcelino, M. M., Espada, M. G. (2000). *Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Direcção Geral do Ambiente, Direcção de Serviços de Informação e Acreditação. Lisboa: Graf & Lito, Lda.

- Graymore, M. L., Wallis, A. M., Richards, A. J. (2009). An Index of Regional Sustainability: A GIS-based multiple criteria analysis decision support system for progressing sustainability. *Ecological Complexity*, N. 6, 453-462.
- Grego, M. A. e Gabriel, M. G. (2016). *Guia Orientador - Revisão do PDM*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Centro (CCDRC). Coimbra: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Centro (CCDRC).
- Hasna, A. (2007). Dimensions of Sustainability . *Journal of Engineering for Sustainable Development: Energy, Environment and Health 2 (1)*, 47-57.
- Hasse, J. (2007). Using remote sensing and GIS integration to identify spatial characteristics of sprawl at the building-unit level. Em V. Mesev (Ed.), *Integration of GIS and Remote Sensing* (pp. 117-147). England: John Wiley & Sons Ltd.
- IMTT. (2011a). *Acessibilidades, mobilidade e transportes nos planos municipais de ordenamento do território - Guião orientador*. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres , Gabinete de Planeamento, Inovação e Avaliação. Lisboa: Bruno Soares Arquitectos, Lda.
- IMTT. (2011b). *Colecção de Brochuras Técnicas/Temáticas - Políticas de Estacionamento*. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, Gabinete de Planeamento, Inovação e Avaliação. Lisboa: Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres.
- INE. (2006). *Setenta anos: O Instituto Nacional de Estatística ao Serviço da Sociedade Portuguesa*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística. Obtido de www.ine.pt.
- INE. (2012). *Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal*. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- INE. (2013a). *Estatísticas do Ambiente 2012*. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística I.P.
- INE. (2013b). *Censos 2011 - Preparação, Metodologia e Conceitos*. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa - Portugal: Instituto Nacional de Estatística, I.P. Obtido em 27 de Novembro de 2015, de <http://censos.ine.pt>.
- INE. (2014). *Cidades Portuguesas: Um Retrato Estatístico. Destaque - Informação à comunicação social*, 14. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- INE. (2015). *Instituto Nacional de Estatística - Portal do Instituto Nacional de Estatística*. Obtido em 16 de 01 de 2015, de <http://smi.ine.pt>.
- INE. (2017). *Inquérito às Despesas das Famílias 2015/2016*. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.

- INE. (2019). *Portugal em Números / in Figures 2017*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P. Obtido de www.ine.pt.
- INIR. (2008). *Auto-Estradas Características Técnicas*. Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, IP. V Congresso Rodoviário Português - Estrada 2008.
- Jaeger, J., Bertiller, R., Schwick, C., Kienast, F. (2009). Suitability Criteria for Measures of Urban Sprawl. *Ecological Indicators*. doi:10.1016/j.ecolind.2009.07.007.
- Jat, M. K., Garg, P. K., Khare, D. (2008). Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation n.º 10*, 26-43.
- Jiao, L. (2015). Urban land density function: A new method to characterize urban expansion. *Landscape and Urban Planning 139*, 26-39.
- Kasanko, M., Barredo, J., Lavalle, C., McCormick, N., Demicheli, L., Sagris, V., Brezger, A. (2006). Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas. *Landscape and Urban Planning 77*, 111–130. doi:10.1016/j.landurbplan.2005.02.003.
- Khodadadi, M., Tohidi, G., Zargh, M. (2017). Sensitivity analysis of the ordered weighted averaging operator via linear models. *Computers & Industrial Engineering, 112 (2017)*, 264–273.
- Kilic, S. (2008). Preservation plan applications for the historical city centre, Kemeralti (Izmir, Turkey). *European Planning Studies 2*, 253-276.
- Lindelöw, D. (2018). *Running to Stand Still – The Role of Travel Time in Transport Planning*. Sweco. doi:10.13140/RG.2.2.35052.26247
- Liu, Z., He, C., Zhou, Y., Wu, J. (2014). How much of the world's land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion. *Landscape Ecology 29*, 763-771.
- Lynch, A. J., Andreason, S., Eisenman, T., Robinson, J., Steif, K., Birch, E. L. (2011). *Sustainable urban development indicators for the United States*. Penn Institute for Urban Research. Philadelphia: Penn IUR.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Mameli, F. e Marletto, G. (2009). *A Participative Procedure to Select Indicators of Sustainable Urban Mobility Policies* (1.ª ed.). Cagliari: Centre for North South Economic Research (CRENoS).

- MAOTE. (2015). *Cidades Sustentáveis 2020*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa: Direção-Geral do Território.
- Marcelino, M., Espada, M. A., Vilão, R., Ramos, T. B., Alves, I., Gervásio, I., Liberal, P. (2007). *Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - SIDS Portugal*. Portugal: Agência Portuguesa do Ambiente. ISBN 978-972-8577-40-7.
- Marques, T. S., Silva, F. B., Delgado, C. (2009). A Ocupação Edificada: Delimitação de áreas de densidade homogénea. *Seminário "A Ocupação Dispersa no Quadro dos PROT e dos PDM"*, (p. 25). Évora.
- Marsden, G. (2008). Does the development of sustainability indicators lead to more sustainable decision-making? A case study of UK. Em I. o. Economics (Ed.), *COST 356 - EST* (pp. 125-140). Oslo, Norway: COST Office.
- Martins, N., Figueiredo, C., Azevedo, F., Ribeiro, F., Proença, M., Abreu, M. (2007). *Projecto "Cidades Inteligentes" - Orientações de Política e Revitalização Urbana para a Competitividade e Sustentabilidade das Cidades*. Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais, Lisboa, Setembro 2007.
- Masser, I. (2001). Managing our urban future: the role of remote sensing and geographic information systems. *Habitat International*, N. 25, 503-512.
- Mega, V. e Pederson, J. (1998). *Urban Sustainability Indicators*. Office for Official Publications of the European Communities, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. Luxembourg: I. L. European Foundation, Ed.
- Mendes, J. F. (2000). Decision Strategy Spectrum for the Evaluation of Quality of Life in Cities. Em *Proceedings of the International Conference on Quality of Life in Cities - ICQOLC 2000*. Singapore.
- Mendes, J. F., Rametta, F., Giordano, S., Torres, L. (1999b). A GIS Atlas of Environmental Quality in Major Portuguese Cities . Em *Computers in Urban Planning and Urban Management on the Edge of the Millennium*. Venice: Franco Angeli.
- Mendes, J. F., Silva, J., Rametta, F., Giordano, S. (1999a). Mapping Urban Quality of Life in Portugal: A GIS Approach. Em J. Bento, E. Arantes e Oliveira, & E. Pereira (Edits.), *EPMESC-VII: Computational Methods in Engineering and Science; Vol. 2* (Vol. 2, pp. 1107-1115). Macao: Elsevier.
- Meneses, F. J. (2010). *O Urban Sprawl em Cidades Portuguesas de Média Dimensão – Análise da década de 1991 a 2001*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa.

- Molinero, F. (1990). La urbanización del campo: la inversión de las tendencias tradicionales en los espacios rurales. Em F. Molinero, *Los espacios rurales: agricultura y sociedad en el mundo* (pp. 322-347). Barcelona: Ariel.
- Moradi, M., Delavar, M. R., Moshiri, B. (5 – 8 October 2013 de 2013). Sensitivity Analysis of Ordered Weighted Averaging Operator in Earthquake Vulnerability Assessment. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-1/W3*, 227-282.
- Moura, F., Cambra, P., Gonçalves, A. B. (2017). Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon. *Landscape and Urban Planning 157* (2017), 282–296.
- Murphy, E. e Vance, J. (1954). Delimiting the CBD. *Economic Geography 30*, 189-222.
- Narciso, C. A. (2008). *Espaço público: desenho, organização e poder: o caso de Barcelona*. Tese de mestrado em Estudos Urbanos apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Lisboa. Obtido de <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/1736>.
- Nicolas, J. P., Pochet, P., Poimboeuf, H. (2003). Towards Sustainable Mobility Indicators - Applications to the Lyons Conurbation. *Transport Policy, Vol.10, N.º3*, 197-208. Obtido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X03000210>.
- OECD. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. European Commission: OECD Publications. ISBN 978-9264-04345-9.
- OECD. (2013). *Definition of Functional Urban Areas (FUA) for the OECD metropolitan database*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Osgood, C. E., Suci, G. J., Tannenbaum, P. H. (1957). *The Measurement of Meaning*. Illinois: Urbana: University of Illinois Press.
- Peel, D. (2003). Town centre management: multi-stakeholder evaluation. Increasing the sensitivity of paradigm choice. *Planning Theory & Practice 4*(2), 147-164.
- PENSAAR2020. (2015). *PENSAAR 2020 - Uma nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais - Volume 2*. Agência Portuguesa do Ambiente; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia; Águas de Portugal, Lisboa.
- Pérez, M. G. e Rey, E. (2013). A multi-criteria approach to compare urban renewal scenarios for an existing neighborhood. Case study in Lausanne (Switzerland). *Building and Environment 65*, 58-70.

- Pérez, M. G., Laprise, M., Rey, E. (2018). Fostering sustainable urban renewal at the neighborhood scale with a spatial decision support system. *Sustainable Cities and Society* 38, 440-451.
- Pissourios, I. (2014). A historical overview and critical analysis of town centre delimitation methodologies. Em D. Szymańska, & S. Środa-Murawska, *Bulletin of Geography, Socio-economic Series* (pp. 155-165). Toruń: Nicolaus Copernicus University Press.
- PNPOT. (2007). Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território. *Anexo à Lei n.º58/2007, de 4 de Setembro que aprova o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território, retificado pelas declarações n.º80-A, de 7 de Setembro de 2007 e n.º 103-A/2007, de 2 de Novembro de 2007.*
- PNPOT. (2018a). *PNPOT/Alteração: Diagnóstico*. Direção-Geral do Território. Lisboa: Direção-Geral do Território.
- PNPOT. (2018b). *PNPOT/Alteração: Estratégia*. Direção-Geral do Território. Lisboa: Direção-Geral do Território.
- PNPOT. (2018c). *PNPOT/Alteração: Uma Agenda para o Território (Programa de Ação)*. Direção-Geral do Território. Lisboa: Direção-Geral do Território.
- PNPOT. (2019). Primeira revisão do Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território. Lei n.º 99/2019 de 5 de setembro (revoga a Lei n.º 58/2007, de 4 de setembro). *Diário da República, 1.ª Série, N.º 170.*, p. 265.
- Prenzel, B. (2004). Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. *Progress in Planning, N. 61*, 281-299.
- Quercus. (2004). Partículas inaláveis são pior poluente nos centros urbanos. Portugal. Obtido em 24 de 07 de 2014, de http://naturlink.sapo.pt/Noticias/Opinioao/content/Particulas-inalaveis-sao-pior-poluente-nos-centros-urbanos?bl=1&viewall=true#Go_1.
- Rajaonson, J. e Tanguay, G. (2019). Urban Sustainability Indicators from a Regional Perspective: Lessons from the Montreal Metropolitan Area. *Social Indicators Research* 141, 985–1005. doi:<https://doi.org/10.1007/s11205-017-1823-x>.
- Ramjerdi, F., Wäger, P., Rousval, B., Adolphe, L., Mancebo, S. (2008). Integrating indicators measuring the environmental sustainability of transportation projects, plans and policies into decision making. Em F. Ramjerdi (Ed.), *COST 356 - EST* (pp. 65-77). Oslo, Norway: Institute of Transport Economics 2008.
- Ramos, R. A. (2000). *Localização Industrial. Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal. Tese de Doutoramento*. Universidade do Minho. Braga: Universidade do Minho.

- Ramos, R. A. e Silva, A. N. (2007). A spatial analysis approach for the definition of metropolitan regions - the case of Portugal. *Environmental and Planning B: Planning and Design* 34(1), 171-185. doi:10.1068/b31117.
- Reis, E., Melo, P., Andrade, R., Calapez, T. (2003). *Estatística Aplicada*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Ribeiro, J., Silva, G., Escária, S., Garcia, M. (2010). *As formas e o funcionamento das cidades e os desafios da sustentabilidade*. Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais do Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Lisboa.
- Robertson, K. (1999). Can small-city downtowns remain viable? *Journal of the American Planning Association* 65(3), 270-283.
- Saaty, R. W. (1987). The Analytic Hierarchy Process - What it is and how it is used. *Math Modelling, Vol. 9 No. 3-5*, 9, 161-176.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology; Vol. 15 (3)*, 234-281.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytical Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 2008, 1*, 83-98.
- Saaty, T. L., & Kearns, K. P. (1985). *Analytical Planning*. Oxford: Pergamon Press Ltd.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1991). *Prediction projection and forecasting*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Saisana, M. (2008). Developing Composite Indicators for Policy-Making: A Brief Methodological Framework and Considerations. Em F. Ramjerdi (Ed.), *COST 356 - EST* (pp. 51-64). Oslo, Norway: Institute of Transport Economics 2008.
- Salvati, L. e Morelli, V. G. (November de 2014). Unveiling Urban Sprawl in the Mediterranean Region: Towards a Latent Urban Transformation? *International Journal of Urban and Regional Research, Volume 38.6*, 1935–53. doi:10.1111/1468-2427.12135.
- Schetke, S. e Haase, D. (2008). Multi-criteria assessment of socio-environmental aspects in shrinking cities. Experiences from eastern Germany. (Elsevier, Ed.) *Environmental Impact Assessment Review* 28 (2008), 483-503. doi:10.1016/j.eiar.2007.09.004.
- Schneider, A., Friedl, M., Potere, D. (2010). Mapping global urban areas using MODIS 500-m data: New methods and datasets based on 'urban ecoregions'. *Remote Sensing of Environment* 114, 1733-1746.

- Schøning, P., Dysterud, M. V., Engelién, E. (November de 1999). Computerised delimitation of urban settlements. A method based on the use of administrative registers and digital maps. *Statistics Norway - Department of Economic Statistics*. Norway: Statistics Norway.
- SDCN. (2001). *Sustainable Cities: Environmentally Sustainable Urban Development*. Obtido em 2012, de Regional Environmental Center:
<http://www.rec.org/REC/Programs/SustainableCities/Introduction.html>.
- Seabra, M. I., Marcelino, C., Santos, D., Costa, M., Bento, S. (2014). *Mobilidade em cidades médias*. Instituto da Mobilidade e dos Transportes, I.P., Gabinete de Planeamento, Inovação e Avaliação. Lisboa: IMT.
- Serdoura, F. (Dezembro de 2007). As Dimensões do Espaço Urbano Público. *ARTITEXTOS 05*, pp. 149-156.
- Shaw, R. e Das, A. (2017). *Identifying peri-urban growth in small and medium towns using GIS and remote sensing technique: A case study of English Bazar Urban Agglomeration, West Bengal, India*. Obtido de The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.01.002>.
- Shen, L.-Y., Ochoa, J., Shah, M., Zhang, X. (2011). The application of urban sustainability indicators - A comparison between various practises. (Elsevier, Ed.) *Journal Habitat International 35*, 17-29. doi:10.1016/j.habitatint.2010.03.006.
- Silva, A., Ramos, R., Souza, L., Rodrigues, D., Mendes, J. (2008). *SIG Uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planeamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais*. Universidade Federal de São Carlos, Brasil: EdUFSCar (Ed.).
- SIPA. (2014). *Sistema de Informação para o Património Arquitectónico*. Obtido em 2014, de Monumentos: <http://www.monumentos.pt>.
- SMAS. (2014). *Relatório e Contas*. Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Guarda. Guarda: Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Guarda.
- Smith, K. (2014). Methods and Considerations for Determining Urban Growth Boundaries - an Evaluation of the Cape Town Experience. *Urban Forum 25*, 313-333.
- Soares, M. E. (2002). *Cenários de Localização Industrial em Ambiente SIG. Tese de Mestrado*. Universidade do Minho. Braga: Universidade do Minho.
- Soares, M. E., Fonseca, A. M., Ramos, R. A. (2016). Análise do impacto do relevo na ocupação do solo urbano em zonas de montanha – Aplicação à cidade da Guarda, Portugal. Em R. I. Anais do Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano (Ed.), 7º

- Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS 2016)*. Maceió, Brasil: Anais do Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS 2016), 2016.
- Soares, M., Fonseca, F., Fonseca, A., Ramos, R. (2019). A quantitative spatial methodology to delimit urban areas – a case study from Portugal. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Municipal Engineer*, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1680/jmuen.18.00007>.
- Sousa, M. T. e Braga, R. (jan./abr. de 2011). As influências do efeito de barreira na dinâmica das cidades: o caso da cidade de Rio Claro - SP. *Geografia Ensino & Pesquisa n.1, 15*, 53-70.
- Stillwell, W. G., Seaver, D. A., Edwards, W. (1981). A comparison of weight approximation techniques in multiattribute utility decision making. *Organizational Behavior and Human Performance, Vol. 28 (1)*, 62-77.
- SURF. (2012). *Sustainable Urban Fringes (SURF) Project*. Obtido em Maio de 2012, de www.sustainablefringes.eu.
- Taafe, E. J., Gauthier, H. L., O'Kelly, M. E. (1996). *Geography of Transportation* (Second Edition ed.). Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- Tanguay, G. A., Rajaonson, J., Lefebvre, J. F., Lanoie, P. (2010). Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators, N. 10*, 407-418.
- Tanguay, G. A., Rajaonson, J., Lefebvre, J.-F., Lanoie, P. (2009). *Measuring the Sustainability of Cities: A Survey-Based Analysis of the Use of Local Indicators*. Montréal: CIRANO.
- Temelová, J. e Dvořáková, N. (2012). Residential satisfaction of elderly in the city centre: The case of revitalizing neighbourhoods in Prague. *Cities 29*, 310-317.
- Tombolini, I., Zambon, I., Ippolito, A., Grigoriadis, S., Serra, P., Salvati, L. (2015). Revisiting “Southern” Sprawl: Urban Growth, Socio-Spatial. Structure and the Influence of Local Economic Contexts. (A. E. Kresl, Ed.) *Economies, 3*, 237-259. doi:[10.3390/economies3040237](https://doi.org/10.3390/economies3040237).
- Tsai, Y.-H. (2005). Quantifying Urban Form: Compactness versus ‘Sprawl’. *Urban Studies, Vol. 42, No. 1*, 141–161. doi:[10.1080=0042098042000309748](https://doi.org/10.1080=0042098042000309748).
- Uchiyama, Y. e Mori, K. (2017). Methods for specifying spatial boundaries of cities in the world: The impacts of delineation methods on city sustainability indices. *Science of the Total Environment 592*, 345-356.

- UE. (1996). Directiva Quadro Comunitária relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente (96/62/CE) - Conselho da União Europeia. (C. d. Europeia, Ed.) *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 9.
- UE. (2002). Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias - Conselho da União Europeia e Parlamento Europeu*, 14.
- UE. (2007). Carta de Leipzig sobre as Cidades Europeias Sustentáveis. Adoptada na reunião informal dos Ministros Responsáveis pelo Desenvolvimento Urbano e Coesão Territorial. Leipzig, 24 e 25 de Maio de 2007.
- UE. (2008). Directiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. *Jornal Oficial da União Europeia - Conselho da União Europeia e Parlamento Europeu*, 44. Obtido em 30 de Junho de 2015, de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:PT:PDF>.
- UE. (2014). *Special Eurobarometer 422a - Quality of Transport*. European Commission. Bruxelas: European Union.
- UN. (2002). *Johannesburg Summit 2002 Portugal Country Profile*. United Nations, Johannesburg.
- UN. (2007). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies* (3.^a ed.). New York: United Nations.
- UN. (2014). *World Urbanization Prospects*. United Nations. New York: United Nations.
- UN. (2016). New Urban Agenda, Quito Declaration on Sustainable Cities and Human Settlements for All. *United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III), Quito, 17-20 October 2016*. Quito, Ecuador: General Assembly of the United Nations.
- Valente, P. (2004). Qualidade de vida na cidade da Guarda. *Centro de Estudos Ibéricos*, 11p.
- Vilão, R., Venâncio, C., Gervásio, I., Liberal, P. (2009). *Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - SIDS Portugal Indicadores-chave 2009*. Agência Portuguesa do Ambiente. Lisboa: Artes Gráficas, Lda. EuroDois.
- von der Dunk, A., Grêt-Regamey, A., Dalang, T., Hersperger, A. M. (2011). Defining a typology of peri-urban land-use conflicts - A case study from Switzerland. *Landscape and Urban Planning*, 101(2), 149–156. doi:10.1016/landurbplan.2011.02.007.

- Voogd, H. (1983). *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. London: Pion Ltd.
- Walter, C. e Stützel, H. (2009). A new method for assessing the sustainability of land-use systems (II): Evaluating impact indicators. *Ecological Economics*, N. 68, 1288-1300.
- WCCD. (2017). *World Council on City Data (WCCD)*. Obtido em 2019, de WCCD ISO 37120: <https://www.dataforcities.org/>.
- Wei, Y. D. e Ewing, R. (2018). Urban expansion, sprawl and inequality. *Landscape and Urban Planning* 177, 259-265.
- Wei, Y. e Zhang, Z. (2012). Assessing the fragmentation of construction land in urban areas: An index method and case study in Shunde, China. *Land Use Policy* 29, 417– 428. doi:10.1016/j.landusepol.2011.08.006.
- Williams, K. (2000). Does intensifying cities make them more sustainable. Em K. B. Williams (Ed.), *Achieving Sustainable Urban Form* (pp. 30-45). Taylor & Francis.
- Winterfeldt, D. V. e Edwards, W. (1986). *Decision Analysis and Behavioural Research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wu, C. (2007). Remote Sensing applications in urban socio-economic analysis. Em V. Mesev (Ed.), *Integration of GIS and Remote Sensing* (pp. 149-172). England: John Wiley & Sons Ltd.
- Yager, R. R. (1988). On Ordered Weighted Averaging aggregation operators in multicriteria decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 8 (1), 183-190.
- Yang, X. (2007). Integrating remote sensing, GIS and spatial modelling for sustainable urban growth management. Em V. Mesev (Ed.), *Integration of GIS and Remote Sensing* (pp. 174-197). England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Yigitcanlar, T. e Dur, F. (2010). Developing a Sustainability Assessment Model: the Sustainable Infrastructure, Land-Use, Environment and Transport Model. *Journal Sustainability* 2010, 2, 321-340.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, Vol. 8, 338-353.
- Zeng, C., He, S., Cui, J. (2014). A Multi-Level and Multi-Dimensional Measuring on Urban Sprawl: A Case Study in Wuhan Metropolitan Area, Central China. *Sustainability*, 6, 3571-3598. doi:10.3390/su6063571.
- Zhang, X. e Li, H. (2018). Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know? *Cities* 72, 141-148.

- Zhao, N., Wei, C., Xu, Z. (2013). Sensitivity Analysis of Multiple Criteria Decision Making Method Based on the OWA Operator. *International Journal of Intelligent Systems*, 28 (2013), 1124–1139.
- Zhao, P. (2011). Managing urban growth in a transforming China: Evidence from Beijing. *Land Use Policy* 28, 96-109. doi:10.1016/j.landusepol.2010.05.004.
- Zhao, S., Zhou, D., Zhu, C., Qu, W., Zhao, J., Sun, Y., . . . Liu, S. (2015). Rates and patterns of urban expansion in China's 32 major cities over the past three decades. *Landscape Ecology* 30, 1541-1559.
- Zhou, P., Ang, B. W., Poh, K. L. (2007). A mathematical programming approach to constructing composite indicators. (Elsevier, Ed.) *Ecological Economics* 62 (2007), 291-297. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.12.020.
- Zhu, J. e Sun, Y. (2017). Building an urban spatial structure from urban land use data: an example using automated recognition of the city centre. *International Journal of Geo-Information* 6(4), 122.
- Zilans, A. e Abolina, K. (2009). A methodology for assessing urban sustainability: Aalborg commitments baseline review for Riga, Latvia. *Environ Dev Sustain* 11:85-114.