



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Mobilidade Sustentável em Cidades de Pequena a Média Dimensão

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação

Autor

Gabriella Cirqueira de Almeida

Orientador

Professora Doutora Anabela Salgueiro Narciso Ribeiro

Professora Doutora Carmen de Jesus Geraldo Carvalheira

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Janeiro, 2015

AGRADECIMENTOS

À Câmara Municipal de Tomar por facilitarem o acesso à informação acerca da cidade de Tomar.

Às Professoras Anabela Ribeiro e Carmen Carvalheira pela orientação, pela disponibilidade prestada e por todas as palavras de incentivo oferecidas durante todo este processo.

Às meninas do DEC pelos momentos divertidos e amizade prestada durante estes anos.

Ao Bruno pela compreensão, pelo apoio, pelas palavras de motivação e por sempre confiar nas minhas capacidades.

Em especial, agradeço à minha mãe por me ensinar desde pequena que o estudo é o bem mais importante que uma pessoa pode possuir e por me apoiar em todas as minhas decisões.

RESUMO

A mobilidade possui um papel importante no desenvolvimento de uma cidade visto que a existência de boas acessibilidades e facilidade de deslocamento de pessoas e cargas influenciam o crescimento económico e social de uma cidade sendo importante garantir que a proteção do ambiente é considerada nos processos de tomada de decisão. É possível identificar vários exemplos de cidades europeias que adotaram iniciativas de investimento na mobilidade ciclável, melhoria no serviço de transporte público coletivo, penalização da utilização do transporte individual em zonas prioritárias, entre outras. Esta conscientização de que é necessário investir nos modos suaves (modo ciclável e modo pedonal) de transporte e garantir um bom serviço de transporte coletivo está cada vez mais presente para os decisores políticos em Portugal. Contudo, ainda existe alguma oposição na desvalorização da utilização do transporte individual visto ser um dos meios mais utilizados nas viagens pendulares, em especial nas cidades de pequena a média dimensão.

Desta forma efetua-se uma análise dos indicadores relacionados com mobilidade sustentável, de modo a propor um índice de mobilidade sustentável com base num conjunto de indicadores que representem as mudanças na mobilidade esperadas nas cidades portuguesas de pequena a média dimensão. O índice de mobilidade sustentável proposto (IPMS) é calculado utilizando o método da soma ponderada, tendo em conta cenários de análise que promovam a mobilidade sustentável da cidade em estudo.

Efetua-se a aplicação do índice proposto para a cidade de Tomar localizada no distrito de Santarém e com uma população aproximada de 14644 habitantes. No presente trabalho serão analisados três cenários promotores da mobilidade sustentável de forma a compará-los com a situação atual através dos resultados do índice de mobilidade sustentável proposto (IPMS), obtidos através da análise multicritério.

Palavras-chave: sustentabilidade; mobilidade sustentável; cidades médias; índice de mobilidade sustentável; análise multicritério; cidade de Tomar

ABSTRACT

The mobility has a key role in the development of the city because it effects the accessibility and easy movement of people and loads in the economic and social growth of the city. For this reason it's important to ensure that the environment protection is considered in the decision-making process. In Europe there are several examples of cities that promote sustainable mobility initiatives that are seen as model for around the world such as investments in cycling mobility, improvement of the public transportation and creation of congestion charge zones among other initiatives. Nowadays, the policy makers in Portugal are more aware of the necessity to invest in soft modes of transportation, such as cycling and walking, and to improve the public transportation despite the fact that the overvaluation of the individual transportation in small to medium-sized cities is still higher.

Therefore, it's performed an analysis on the indicator related with the sustainable mobility with the purpose to suggest a sustainable mobility index based in a set of indicators that symbolize the necessary changes expected in the mobility of small to medium-sized cities. The sustainable mobility index suggested it's calculated easily using the weighted sum method which needs to take into account the case scenarios related to the promotion of the sustainable mobility in the city analyzed.

The sustainable mobility index is applied in Tomar's city which contains, approximatively, 14644 inhabitants and it's located in Santarem's district. It's considered three cases scenarios that promotes the sustainable mobility with the intuit to compare the actual situation of the city with the application of the scenarios through the value of the sustainable mobility index obtained using the multicriteria analysis.

Keywords: sustainability; sustainable mobility; medium sized cities; sustainable mobility index; multicriteria analysis; Tomar's city

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 ENQUADRAMENTO GERAL.....	1
1.2 OBJETIVO	1
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	3
2.1.1 <i>Contexto Histórico</i>	3
2.1.2 <i>Os Pilares da Sustentabilidade</i>	5
2.1.3 <i>O Desenvolvimento Sustentável em Portugal</i>	6
2.2 MOBILIDADE SUSTENTÁVEL.....	8
2.2.1 <i>Caracterização</i>	8
2.2.2 <i>Políticas de Incentivo à Mobilidade Sustentável</i>	10
2.2.3 <i>Sistemas de Partilha</i>	12
2.2.4 <i>Mobilidade Elétrica</i>	14
2.3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	15
2.3.1 <i>Organização das Nações Unidas</i>	16
2.3.2 <i>Comissão Europeia</i>	17
2.3.3 <i>Agência Portuguesa do Ambiente</i>	17
2.3.4 <i>PROPOLIS</i>	18
2.3.5 <i>Indicadores de Ocupação Urbana</i>	18
2.3.6 <i>Estudos Efetuados</i>	18
3 ANÁLISE MULTICRITÉRIO	22
3.1 DETERMINAÇÃO DOS CRITÉRIOS	24
3.1.1 <i>Escolha e Determinação dos Valores</i>	24
3.1.2 <i>Normalização</i>	24
3.1.3 <i>Atribuição de Pesos</i>	25
3.2 MÉTODO MULTIATRIBUTO DE AGREGAÇÃO USANDO UMA FUNÇÃO DE SÍNTESE.....	27
3.2.1 <i>Método da Soma Ponderada</i>	27
4 PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL APLICADO A CIDADES PORTUGUESAS DE PEQUENA A MÉDIA DIMENSÃO.....	29
4.1 INTRODUÇÃO	29
4.2 INDICADORES UTILIZADOS	29
4.3 METODOLOGIA DE CÁLCULO.....	31
5 CASO DE ESTUDO – CIDADE DE TOMAR.....	34
5.1 INTRODUÇÃO	34

5.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL.....	34
5.2.1 <i>Enquadramento Histórico</i>	34
5.2.2 <i>Enquadramento Geográfico</i>	35
5.2.3 <i>Enquadramento Socioeconómico</i>	36
5.3 CARACTERIZAÇÃO DA MOBILIDADE DA CIDADE DE TOMAR	40
5.3.1 <i>Rede de Transporte Individual</i>	40
5.3.2 <i>Rede de Transporte Coletivo</i>	42
5.3.3 <i>Rede Ciclável</i>	43
5.3.4 <i>Rede Pedonal</i>	45
5.3.5 <i>Estacionamento</i>	45
5.4 CÁLCULO DO ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL DA CIDADE DE TOMAR.....	46
5.4.1 <i>Metodologia de Cálculo</i>	46
5.4.2 <i>Cálculo dos Indicadores</i>	46
5.4.3 <i>Cenários de Análise</i>	53
5.4.4 <i>Cálculo do Índice de Mobilidade Sustentável (IPMS) utilizando o Método Multicritério</i>	57
6 CONCLUSÃO	60
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – DIAGRAMA TEMPORAL DO CONTEXTO HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	5
FIGURA 2.2 – DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E IMPORTÂNCIAS RELATIVAS (IUCN, 2004).....	6
FIGURA 2.3 – FASES DO PROCESSO DE AGENDA 21 LOCAL. ADAPTADO DE (GARZILLO E KUHN, 2007; MACEDO ET AL., 2012).....	7
FIGURA 3.4 – ETAPAS DE UMA ANÁLISE MULTICRITÉRIO (CAMPOS, 2005; PLUME, 2003).....	23
FIGURA 3.5 – ETAPAS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO UTILIZANDO O MÉTODO DA SOMA PONDERADA.....	28
FIGURA 5.6 – FREGUESIAS DO MUNICÍPIO DE TOMAR E SEU CENTRO URBANO DESTACADO.....	35
FIGURA 5.7 – REDE VIÁRIA DO MUNICÍPIO DE TOMAR (IST, 2008).....	36
FIGURA 5.8 – A) IDENTIFICAÇÃO DAS BGRIS SELECIONADAS EM RELAÇÃO A DELIMITAÇÃO DO CENTRO URBANO; B) IDENTIFICAÇÃO DAS ZONAS DA ÁREA EM ESTUDO EM RELAÇÃO A DELIMITAÇÃO DO CENTRO URBANO.....	37
FIGURA 5.9 – A) RESIDENTES TOTAIS DO MUNICÍPIO DE TOMAR POR FREGUESIA; B) RESIDENTES TOTAIS DA ÁREA EM ESTUDO POR ZONAS.....	37
FIGURA 5.10 – RESIDENTES A ESTUDAREM NO MUNICÍPIO DE TOMAR POR ZONAS.....	38
FIGURA 5.11 – EMPREGO POR ZONAS.....	39
FIGURA 5.12 – TIPOLOGIA DOS EDIFÍCIOS CLÁSSICOS EXISTENTES POR ZONAS.....	39
FIGURA 5.13 – HIERARQUIZAÇÃO DA REDE VIÁRIA (TIS, 2004).....	41
FIGURA 5.14 – INDICAÇÃO DO NOME DAS RUAS PRINCIPAIS.....	41
FIGURA 5.15 – A) PARAGENS DO TUT EM RELAÇÃO ÀS ZONAS ESTUDADAS; B) ILUSTRAÇÃO DOS PERCURSOS DO TUT EM RELAÇÃO AO LIMITE URBANO.....	43
FIGURA 5.16 – A) CICLOVIA DO ESTÁDIO; B) DETALHE DO ATRAVESSAMENTO DO RIO NABÃO PELA CICLOVIA DO FLECHEIRO. FONTE: GOOGLE STREET VIEW (IMAGENS DE AGOSTO DE 2009; RETIRADAS A 15/01/2015).....	44
FIGURA 5.17 – REDE DE CICLÁVEL PROPOSTA POR (FRADE E RIBEIRO, 2014B).....	44
FIGURA 5.18 – LOCALIZAÇÃO DOS PARQUES DE ESTACIONAMENTO TARIFADOS (CMT@, 2014C).....	45
FIGURA 5.19 – MATRIZ ORIGEM/DESTINO DAS VIAGENS COM ORIGEM E DESTINO NA ÁREA DE INTERVENÇÃO DO ESTUDO EFETUADO EM (TIS, 2004).....	47
FIGURA 5.20 – INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO TRANSPORTE INDIVIDUAL NO REDIMENTO DO TRABALHADOR DA CIDADE DE TOMAR POR ZONA DE ESTUDO.....	49
FIGURA 5.21 – A) ZONEAMENTO UTILIZADO NO ESTUDO (TIS, 2004); B) ZONAS EQUIVALENTES.....	50

FIGURA 5.22 – A) LOCALIZAÇÃO DAS CICLOVIAS EXISTENTES DE ACORDO COM O ZONEAMENTO ESTUDADO; B) COMPRIMENTO DAS CICLOVIAS	51
FIGURA 5.23 – DISTÂNCIA MÉDIA ENTRE PARAGENS DO TUT POR ZONA (METROS).....	52
FIGURA 5.24 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS (MOBILE@, 2014)	53
FIGURA 5.25 – PROPOSTA DE LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS. FONTE: GOOGLE MAPAS (RETIRADA A 18/01/2015).....	54
FIGURA 5.26 – A) LOCALIZAÇÃO DA 1ª FASE DA REDE CICLÁVEL PROPOSTA POR (FRADE E RIBEIRO, 2014B); B) COMPRIMENTO DA REDE CICLÁVEL DE ACORDO COM AS ZONAS EM ESTUDO.....	55
FIGURA 5.27 – ISÓCRONAS DAS PARAGENS EXISTENTES SELECIONADAS E PROPOSTA DE NOVAS PARAGENS DO SERVIÇO DE TUT	56
FIGURA 5.28 – A) PERCURSO 4; B) PERCURSO 6	57
FIGURA 5.29 – VALOR DO IPMS PARA AS ZONAS DE ACORDO COM TODOS OS CENÁRIOS E SITUAÇÃO ATUAL.....	58

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 2.1 – ALGUNS EXEMPLOS DE PROGRAMAS DE <i>BIKE SHARING</i> EXISTENTE NA EUROPA. ATUALIZADO E ADAPTADO DE (ANTONIADES E CHRYSANTHOU, 2009).....	14
QUADRO 2.2 – RESUMO DOS INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL PRESENTES NOS ESTUDOS CONSIDERADOS ANTERIORMENTE	21
QUADRO 3.3 – EXEMPLO DE MATRIZ DE AVALIAÇÃO (VOOGD, 1983).....	22
QUADRO 3.4 NÍVEL DE IMPORTÂNCIA UTILIZADO PARA COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS (SAATY, 1980).....	26
QUADRO 3.5 ÍNDICE DE ALEATORIEDADE (RI) (SAATY, 1980).....	27
QUADRO 4.6 – DEFINIÇÃO DOS INDICADORES UTILIZADOS	31
QUADRO 4.7 – PESOS FINAIS A UTILIZAR NO ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL PROPOSTO NESTE TRABALHO	32
QUADRO 5.8 – A) MATRIZ EQUIVALENTE DAS VIAGENS DE TODOS OS MODOS DE TRANSPORTE; B) MATRIZ EQUIVALENTE DAS VIAGENS DE AUTOMÓVEL LIGEIRO. ADAPTADAS DE (TIS, 2004).....	48
QUADRO 5.9 – DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA PERCORRIDA EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA VIAGEM.....	48
QUADRO 5.10 – DETERMINAÇÃO DO CUSTO MENSAL DE UTILIZAÇÃO DO AUTOMÓVEL UTILIZANDO A DISTÂNCIA MÉDIA PERCORRIDA MENSALMENTE POR UMA PESSOA	49
QUADRO 5.11 – DETERMINAÇÃO DA TAXA DE MOTORIZAÇÃO DE ACORDO COM AS ZONAS EQUIVALENTES DE (TIS, 2004)	50
QUADRO 5.12 – EXEMPLO DE ALGUNS PERCURSOS ANALISADOS (VER ANEXO D COM A NUMERAÇÃO DAS PARAGENS DE AUTOCARRO)	56
QUADRO 5.13 – MATRIZ DE DECISÃO CONSIDERANDO A SITUAÇÃO ATUAL E OS CENÁRIOS EM ANÁLISE DE ACORDO COM OS INDICADORES EXISTENTES.....	59

SIMBOLOGIA

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

ANSR – Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

BGRIs – Bases Geográficas de Referenciação de Informação

BUGAS – Bicicletas de Utilização Gratuita de Aveiro

DGOTDU – Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano

EDS – Estratégia de Desenvolvimento Sustentável

ENDS – Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável

IMTT – Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPMS – Índice de Mobilidade Sustentável aplicado a Cidades Portuguesas de Pequena a Média Dimensão

ONU – Organização das Nações Unidas

PDM – Plano Diretor Municipal

PROPOLIS – *Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability*

TI – Transporte Individual

TPC – Transporte Público Coletivo

TUT – Transportes Urbano de Tomar

UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento Geral

O conceito do desenvolvimento sustentável tornou-se popular em 1987 após a publicação do livro *Our Common Future*. Este realça a importância da preservação do ambiente integrada no desenvolvimento económico de cidades considerando a necessidade de optar por iniciativas que possibilitem o desenvolvimento económico das cidades de uma forma a não pôr em risco os recursos naturais existentes. Desta forma, é necessário criar cidades sustentáveis em que a mobilidade torna-se num papel importante. Uns dos principais problemas das cidades de pequena a média dimensão referem-se a alta utilização do transporte individual nas deslocações pendulares (casa/trabalho e/ou trabalho/casa) sendo que o transporte público coletivo é desvalorizado visto ser normalmente utilizado somente pelos estudantes e idosos. Além disto, existe pouca promoção do modo ciclável como meio de transporte diário sendo que normalmente é visto como atividade de lazer.

Deste modo, é necessário incentivar a implementação de medidas de mobilidade sustentável em cidades de pequenas a média dimensão com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população.

1.2 Objetivo

Esta dissertação tem como objetivo principal a análise da mobilidade sustentável em cidades de pequena a média dimensão através da criação de um índice de mobilidade sustentável (IPMS) que considere as políticas de mobilidade sustentável mais importantes para cidades de pequena e média dimensão. Estas políticas podem estar relacionadas com a promoção do modo ciclável para o lazer e principalmente como meio de transporte utilizado nas viagens pendulares, desincentivo da utilização do transporte individual e melhoria do serviço de transporte coletivo através da alteração da qualidade, frequências e preços.

A metodologia de obtenção deste índice deve estar associada à aplicação da análise multicritério, em que seja possível avaliar um conjunto de cenários de intervenção e compará-los com a situação atual da cidade em estudo de forma a verificar quais cenários são importantes para eventual futuro investimento. Pretende-se elaborar um índice que seja passível de aplicação em qualquer cidade de pequena a média dimensão de forma a servir como apoio à decisão de iniciativas sobre a mobilidade sustentável. Além disto, pretende-se efetuar uma revisão literária acerca do desenvolvimento sustentável e, em especial, acerca de

medidas de mobilidade sustentável implementadas ao redor do mundo, especialmente, em Portugal.

Por fim, pretende-se aplicar a metodologia relativa ao índice de mobilidade sustentável proposto em uma cidade de pequena a média dimensão de forma a ser possível classificar e comparar com os cenários de intervenção considerados, com o objetivo de verificar quais as vantagens de aplicação destes cenários.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está organizada em sete capítulos, sendo eles:

- Capítulo 1: neste capítulo é feita uma pequena introdução à temática do desenvolvimento sustentável e mobilidade sustentável sendo indicado posteriormente os principais objetivos desta dissertação;
- Capítulo 2: este capítulo contém a revisão de literatura efetuada, apresentando informação acerca do desenvolvimento sustentável, mobilidade sustentável e indicadores de sustentabilidade obtidos durante o processo de recolha de informação;
- Capítulo 3: neste capítulo é desenvolvida uma pequena explicação acerca da Análise Multicritério de acordo com o processo de recolha de informação efetuado;
- Capítulo 4: é neste capítulo que é apresentada a metodologia de cálculo do índice de mobilidade sustentável (IPMS), sendo indicado o conjunto de indicadores utilizados e a forma de obtenção dos pesos destes indicadores;
- Capítulo 5: este capítulo refere-se a aplicação prática do índice proposto sendo realizada uma caracterização geral e da mobilidade da cidade de Tomar efetuando seguidamente o cálculo do IPMS para a cidade de Tomar de acordo com os cenários de análise apresentados;
- Capítulo 6: neste capítulo são apresentadas todas as conclusões referentes a esta dissertação, desde a definição da metodologia do IPMS à aplicação do mesmo na cidade de Tomar e a apresentação das contribuições para futuros trabalhos.
- Capítulo 7: este capítulo inclui todas as referências bibliográficas utilizadas nesta dissertação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

2.1.1 Contexto Histórico

É impossível identificar uma situação concreta referente à origem do conceito sustentabilidade, visto que a preocupação para que desenvolvimento humano ocorra de forma sustentável e em harmonia com o ambiente esteve sempre presente na sociedade. Autores, tais como Desta Mebratu (Mebratu, 1998), explicam que esta preocupação deve-se essencialmente à influência das religiões, as quais sensibilizam subtilmente os cidadãos para a proteção do ambiente. Contudo, é possível identificar vários momentos importantes que ajudam a definir o conceito de sustentabilidade durante as várias épocas.

Em 1968 nasceu o Clube de Roma, organização constituída inicialmente por 30 investigadores e pensadores, que tinha como principal objetivo compreender as componentes económica, política, natural e social do sistema global de forma a promover novas iniciativas políticas e ações. Atualmente, além de avaliarem cenários futuros e determinarem os riscos e oportunidades inerentes a cada cenário, propõem soluções e promovem o debate público com o intuito de encontrar resoluções para os problemas previstos para o futuro. O livro *The Limits to Growth* (Meadows e Club of Rome., 1972) foi a primeira publicação desta organização no qual indicava que para combater os problemas do rápido crescimento populacional, poluição, escassez de recursos naturais e falta de controlo na produção de comida era necessário haver um equilíbrio entre as questões ecológicas e económicas. Mas foi em 1972 que a preocupação com a proteção do meio ambiente e garantia de qualidade de vida dos cidadãos tornou-se uma prioridade mundial. A realização da Conferência de Estocolmo organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) neste ano tornou-se no “marco inicial” da história do desenvolvimento sustentável quando reuniu várias nações para discutir a preservação do meio ambiente e a sua relação com a situação de pobreza dos países subdesenvolvidos. Os resultados obtidos no livro *The Limits to Growth* serviram de apoio e foram vivamente discutidos nesta conferência.

Uma das principais publicações posteriores à Conferência de Estocolmo foi o livro *World Conservation Strategy* (IUCN et al., 1980) no qual estabelecia que o desenvolvimento sustentável depende não só do combate à pobreza e desigualdade social mas também da necessidade de conservar e preservar as espécies e ecossistemas. Desta forma, os objetivos principais indicados no livro foram a manutenção dos processos ecológicos e sistemas

importantes para a vida humana, a utilização sustentável das espécies e ecossistemas e preservação da diversidade genética. Contudo, foi com a criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento pela ONU em 1983 que o conceito do desenvolvimento sustentável foi melhor abordado, sendo que a publicação do relatório *Our Common Future* (WCED, 1987) realçou a interligação existente entre o desenvolvimento económico e a questão ambiental. Este relatório define o desenvolvimento sustentável como sendo um “*tipo de desenvolvimento que satisfaz a necessidade da geração atual sem comprometer a habilidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades*”. Hoje em dia, esta é a definição modelo, sendo que a mesma é considerada ambígua por muitos autores visto não clarificar o significado de desenvolvimento sustentável e das ações necessárias para a aplicação da sustentabilidade em todos os outros níveis que não se refiram ao combate à pobreza e desigualdade social.

Ainda hoje, a dificuldade em definir desenvolvimento sustentável está presente na sociedade. O autor John Robinson (Robinson, 2004) relata que esta variedade e falta de clareza na definição deve ser encarada como uma oportunidade política visto facilitar a sua integração nas tomadas de decisão. Contudo, autores como Erling Holden, Kristin Linnerud e David Banister (Holden et al., 2014) não expressam a mesma opinião, afirmando que para que o conceito de desenvolvimento sustentável seja útil no processo político e de tomada de decisão é necessário clareza, simplicidade e facilidade de aplicação do mesmo. Dentre vários autores, Simon Bell e Stephen Morse (Bell e Morse, 2008) classificam esta situação como um paradigma pois apesar da sua dificuldade de definição, este termo torna-se cada vez mais popular.

A popularidade atual do termo desenvolvimento sustentável deve-se essencialmente à criação da Agenda 21 adotada na Conferência sobre o Ambiente e Desenvolvimento realizada pela ONU em 1992, conhecida vulgarmente como *Earth Summit* (UN, 1992). A Agenda 21 é um programa que possui as orientações necessárias para o desenvolvimento sustentável das nações visando resolver os problemas atuais como fome, pobreza, doenças, analfabetismo e deterioração dos ecossistemas. Em 1993, foi criada pela ONU a Comissão para o Desenvolvimento Sustentável no qual tem como principal objetivo acompanhar a implementação do programa Agenda 21.

Com o intuito de analisar as alterações causadas pela implementação do programa Agenda 21, em 1997 ocorreu a conferência *Earth Summit +5* (UN, 1997) em Nova Iorque. Dentre os assuntos discutidos, o tema principal baseou-se na necessidade das nações terem, até 2002, uma estratégia nacional para o desenvolvimento sustentável, não esquecendo que os objetivos económicos, sociais e ambientais devem estar integrados nas tomadas de decisão. Neste mesmo ano foi assinado o Protocolo de Quioto (UN, 1998) no qual se estabelecia o objetivo das nações reduzirem pelo menos 5% nas emissões dos gases do efeito estufa até 2012

quando comparado com os níveis de 1990 sendo necessário promover políticas e medidas de controlo de emissão dos gases estufa.

Após 10 anos de implementação da Agenda 21, outra conferência foi realizada em Joanesburgo, conhecida como *Earth Summit +10* (UN, 2002) com o intuito de reavaliar as soluções implementadas até este período e repensar em novas formas de atuação do desenvolvimento sustentável num mundo mais globalizado do Séc. XXI, como por exemplo o investimento em energias renováveis.

Em 2012 realizou-se a conferência *Earth Summit +20* (UN, 2012) no Rio de Janeiro, no qual o objetivo era de renovar as diretrizes definidas em 1992 e discutir desafios futuros e emergentes. Dentre os resultados pretendidos, destaca-se o de garantir a sustentabilidade ambiental através da integração nas tomadas de decisão, os princípios do desenvolvimento sustentável, sendo necessário ter atenção ao exagerado consumo de recursos naturais.

Como é possível identificar, o processo de conscientização dos seres humanos de que a proteção do ambiente é um fator importante na garantia de um desenvolvimento humano equilibrado não é um processo rápido. No entanto, acredita-se que esta preocupação em garantir um desenvolvimento sustentável está cada vez mais presente nas tomadas de decisão dos decisores políticos, tanto a nível nacional, como regional ou local. Em suma, é exposto a seguir um resumo temporal dos pontos principais relacionados com o desenvolvimento sustentável (Figura 2.1).

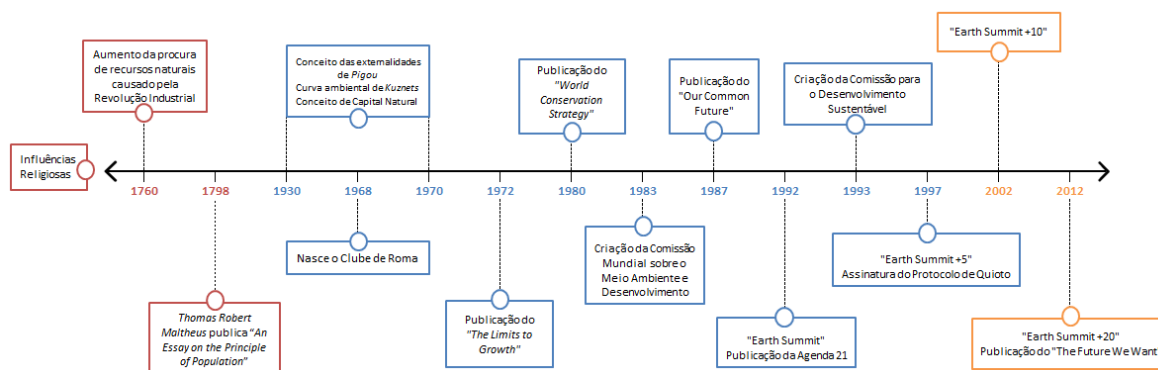


Figura 2.1 – Diagrama temporal do contexto histórico do desenvolvimento sustentável

2.1.2 Os Pilares da Sustentabilidade

A teoria da sustentabilidade indica que para alcançar o desenvolvimento sustentável é necessário considerar em simultâneo as três dimensões da sustentabilidade: social, económica e ambiental. Estas dimensões estão ligadas aos problemas expostos no relatório *Our Common*

Future (WCED, 1987), no qual relata que é necessário garantir uma interligação destas dimensões em todos os níveis geográficos (global, nacional, regional e local) para que o objetivo pretendido seja alcançado.

Dentre as várias representações dos pilares da sustentabilidade o *International Union For Conservation of Nature* (IUCN, 2004) considera a diferença entre a realidade teórica, que propõe que todas as dimensões tenham igual importância, com a realidade atual que indica a tendência de considerar a dimensão económica mais relevante que as outras dimensões sendo a dimensão ambiental pouco valorizada (Figura 2.2). É realçado no relatório que é necessário alterar esta tendência de desvalorização da dimensão ambiental e considerar igual influência das dimensões económica e social.



Figura 2.2 – Dimensões do desenvolvimento sustentável e importâncias relativas (IUCN, 2004)

2.1.3 O Desenvolvimento Sustentável em Portugal

A implementação do programa Agenda 21 (UN, 1992) veio estabelecer a pretensão de limitar até 1996 a ação de conscientização dos países na necessidade de elaboração do projeto Agenda 21 Local de acordo com os problemas de desenvolvimento sustentável enfrentados na região, incentivando a participação dos cidadãos, organizações e autoridades locais. De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e a Consultoria TTEerra (*APA e TTEerra Consultoria., 2007*) pode-se considerar a Agenda 21 Local como um “*instrumento de gestão para a sustentabilidade de um local, partindo de um diagnóstico de situação atual, de referência, estabelece metas a alcançar nas vertentes da proteção do ambiente, desenvolvimento socioeconómico e coesão social, desenvolvido por atores locais em parceria com os cidadãos e sociedade civil, promovendo a cidadania*”.

A implementação da Agenda 21 Local em Portugal é analisada por um grupo de pesquisadores da Universidade Católica Portuguesa (Macedo et al., 2012) através de uma análise cuidada da informação existente na internet. De acordo com este grupo, o primeiro processo de adesão à Agenda 21 Local está associado ao município de Alcobaça em 1996

sendo que somente depois de 2003 que a adesão por parte dos municípios, cidades e vilas portuguesas foi significativa. Indicam que até ao ano de 2011 existiam 167 potenciais processos de Agenda 21 Local em Portugal e que as iniciativas propostas pretendiam favorecer quase metade da população dos respectivos municípios. Este grupo também revela que no período 2005-2007 observou-se o maior número de processos lançados em Portugal, na sua maioria desenvolvidos por fundos próprios devido existir pouco financiamento por parte de fundos comunitários. Contudo, após 2007 o número de processos lançados reduziram de forma significativa por questões monetárias sendo que os programas lançados passaram a possuir mais cofinanciamento.

Os autores Cristina Garzillo e Stefan Kuhn (Garzillo e Kuhn, 2007) estabeleceram cinco fases de implementação do processo de Agenda 21 Local com o objetivo de facilitar a criação do mesmo (Figura 2.3). Os pesquisadores da Universidade Católica Portuguesa (Macedo et al., 2012) analisaram os processos portugueses e determinaram que as maiorias dos projetos encontravam-se na Fase 3 (58%) e na Fase 1 (16%) estando poucos processos na Fase 4 (8%) e Fase 5 (4%). O grupo relata que os processos portugueses demoravam muito tempo para apresentar o Plano de Ação (Fase 3), sendo que foi estabelecido nos Compromissos de Aalborg um limite máximo de 24 meses para apresentação deste documento.

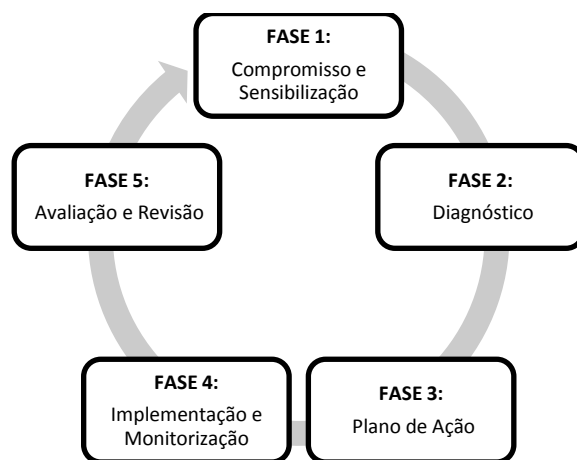


Figura 2.3 – Fases do Processo de Agenda 21 Local. Adaptado de (Garzillo e Kuhn, 2007; Macedo et al., 2012)

Com o intuito de implementar estratégias nacionais direcionadas para o desenvolvimento sustentável e garantir um crescimento económico elevado no qual haja maior coesão social e maior incentivo à proteção e valorização do meio ambiente, foi aprovado em 2007 a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS 2015) (APA, 2008). Este projeto pretende melhorar o impacto do posicionamento geográfico de Portugal na Europa através de melhorias no sistema urbano e conquistar parcerias internacionais relativas à sustentabilidade global

2.2 Mobilidade Sustentável

2.2.1 Caracterização

O *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2009) revela a importância da mobilidade para o desenvolvimento social e económico de uma região visto permitir o acesso a recursos, serviços, mercado de trabalho e pessoas, possibilitando assim um aumento na qualidade de vida dos cidadãos visto promover a competitividade e eficiência de uma região.

A Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU, 2011) define mobilidade sustentável como a eficiência sustentável de um sistema de transporte. Esta eficiência depende especialmente da aplicação de iniciativas que tem o objetivo de reduzir a utilização do transporte individual, melhorar a utilização do transporte público e promover o uso dos modos suaves de transporte como modo ciclável e modo pedonal.

O relatório sobre o projeto de mobilidade sustentável para o ano de 2030 (WBCSD, 2004) pretende identificar os padrões de mobilidade atuais do mundo, em especial nas cidades dos países em desenvolvimento visto estarem a sofrer um rápido crescimento económico e, consequentemente, um aumento da taxa de motorização. Posto isto, é verificado que as prioridades sobre a mobilidade variam de país para país sendo necessário uniformizar estas prioridades de forma obter um sistema comparativo que seja válido e de fácil aplicação. Com base nisto, é proposto um conjunto de indicadores que estão relacionados com os três pilares da sustentabilidade e com fatores importantes para a população. Revela que a aplicabilidade destes indicadores, em algumas cidades selecionadas, revelaram que atualmente a mobilidade das cidades não pode ser considerada sustentável sendo necessário estabelecer estratégias para resolução desta questão. Sendo assim, é indicado um conjunto de medidas importantes para a melhoria da mobilidade das cidades, entre elas:

- Controlo da emissão de gases poluentes emitidos pelo transporte;
- Limitação dos níveis de gases de efeito estufa emitidos pelo transporte;
- Diminuição dos acidentes rodoviários;
- Redução do ruído causado pelo transporte;
- Redução do congestionamento nas redes viárias;
- Garantia e melhoria dos acessos aos serviços de transporte por parte de todos os cidadãos.

O relatório da Plataforma Europeia para Gestão da Mobilidade (EPOMM, 2013) revela que atualmente a preocupação das autoridades locais em tornar a mobilidade das cidades mais sustentável aumenta gradualmente e que isto deve-se essencialmente ao aumento do interesse dos cidadãos em melhorar a qualidade de vida. Contudo verificam-se sempre dificuldades na

implementação de ações de mobilidade sustentável visto existirem representantes políticos que não consideram importante os modos suaves de transporte.

O relatório acerca da mobilidade (DGOTDU, 2011) indica a existência de diferença na abordagem dos problemas associados ao transporte das áreas metropolitanas com as cidades médias visto a dimensão, tipologia e características de uma zona urbana resultar em diferentes necessidades e conseqüentemente diferentes ações de implementações. Desta forma, indica que nas áreas metropolitanas os problemas de mobilidade estão relacionados especialmente com o transporte público de grande capacidade enquanto nas cidades médias a utilização do transporte individual é maior que a utilização dos sistemas de transporte coletivo urbano constituindo, assim, um problema comum dos municípios. Contudo, revela que na última década observou-se um aumento no número de sistemas sustentáveis de transporte em cidades médias provocado pela necessidade de encontrar soluções sustentáveis de acordo com a necessidade de cada cidade.

Analisando em maior detalhe os padrões de mobilidade das cidades média e de pequena dimensão e considerando o relatório elaborado pelo Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) (IMTT, 2011) é possível verificar que o transporte individual representa o modo mais utilizado em todos os escalões da população dos concelhos sendo que é mais predominante nas cidades com 30 a 50 mil habitantes. Contudo e como previsto, o modo pedonal possui uma prevalência em concelhos de menor dimensão, isto é, quanto menor a população maior é a tendência para utilização deste modo. A utilização do motociclo ou bicicleta nas viagens pendulares ainda é muito pequena, representando cerca de 3%-6% das viagens casa-trabalho e trabalho-casa efetuadas. O mesmo acontece para a utilização do comboio, elétrico ou metropolitano que representam entre 0,1%-2% das viagens pendulares. A utilização do autocarro é significativa, especialmente nos municípios com menos de 10 mil habitantes mas ainda representa pouca preferência. Um outro modo de transporte utilizado que possui uma preferência parecida com a do autocarro é o do transporte coletivo de empresa ou escolas que atinge 5%-9% das viagens pendulares e é mais predominante nos concelhos com pouca população. O relatório também contém a análise dos tempos de deslocação dos movimentos pendulares sendo que, no geral, as viagens demoram maioritariamente menos de 15min e para municípios com população entre 10 e 20 mil habitantes estas deslocações representam cerca de 82% das deslocações totais. Desta forma é possível identificar um padrão de mobilidade característico das cidades portuguesas de pequena a média dimensão sendo que existe uma grande preferência para a utilização do transporte individual maior que para o transporte coletivo.

O relatório acerca da mobilidade das cidades europeias (EPOMM, 2013) apresenta alguns exemplos de mobilidade sustentável, tal como a iniciativa da França possuir uma lei que regula que cidades com população superior a 100.000 habitantes são obrigadas a ter um plano de mobilidade sustentável e quando possuem mais de 250.000 habitantes é necessário

acrescentar um plano de redução da poluição e melhoria da qualidade do ar de forma a identificar as ações necessárias para o desenvolvimento de opções sustentáveis no transporte. Outro exemplo refere-se a criação de Planos de Mobilidade Escolar no Reino Unido com o intuito de promover um estilo de vida mais saudável para os alunos e incentivar a utilização do modo pedonal ou modo ciclável nas deslocações casa-escola e escola-casa

De forma a incentivar a elaboração de Planos de Mobilidade Sustentável para os municípios portugueses, foi criado em 2007 o Projeto Mobilidade Sustentável (APA@, 2010) implementado pela APA, DGOTDU, IMTT e ANSR. Este projeto teve como objetivo a garantia de melhoria dos padrões de mobilidade e aumento da qualidade de vida dos cidadãos de um grupo de 40 municípios portugueses previamente selecionados através da criação de Planos de Mobilidade Sustentável. Este projeto serviu de exemplo a muitos municípios que posteriormente iniciaram a elaboração dos respetivos Planos de Mobilidade Sustentável.

Os autores Stephen Ison e Tim Ryley (Ison e Ryley, 2007) apresentam um conjunto de políticas que podem ser aplicadas às cidades para resolver os problemas do transporte rodoviário e poluição provocada. Relatam a necessidade de quantificar monetariamente os danos causados no ambiente pelo transporte através da cobrança de taxas de estacionamento, taxas de utilização das estradas ou taxas de utilização de automóveis movidos a combustível fóssil. Insistem na necessidade de maior investimento na tecnologia visto a evolução tecnológica ser útil na otimização das viagens e ajudar os utilizadores na escolha de meios alternativos de transporte.

A seguir é feita uma breve análise das medidas implementadas em cidades Europeias e que podem ser aplicadas em qualquer cidade, dando maior importância a medidas passíveis de aplicação em cidades de pequena a média dimensão considerando as políticas de incentivo à mobilidade sustentável, políticas de gestão do transporte coletivo, sistemas de partilha e mobilidade elétrica.

2.2.2 Políticas de Incentivo à Mobilidade Sustentável

- Rede Viária

O relatório elaborado pela Comissão Europeia (EC, 2007) aconselha a implementação de medidas como por exemplo, a redução da velocidade em zonas que existam uma elevada quantidade de população e um elevado tráfego, redução dos níveis de ruído e redução das emissões de gases nocivos para a saúde. Estas medidas influenciam não só o tráfego viário como também o ambiente urbano, trazendo maior segurança para a circulação dos pedestres e ciclistas, investindo na conscientização de que os modos suaves de transporte são mais importantes que os modos motorizados.

No relatório do Instituto de Infraestruturas Rodoviárias elaborado pelos autores Ana Bastos e Sílvia Santos (Bastos et al., 2011) é apresentado um conjunto de medidas de acalmia de tráfego que podem ser aplicadas às redes viárias das cidades, como por exemplo, estrangulamentos, estreitamentos, rotundas, utilização de pré-avisos, lombas redutoras de velocidade, intersecções elevadas, entre outras medidas que tenham o objetivo de diminuir a velocidade dos automóveis e garantindo maior segurança aos pedestres e motoristas

- Promoção do Modo Pedonal e Modo Ciclável

O aumento da qualidade de vida, melhoria na saúde e redução de custos de transporte são as principais vantagens vista pelos utilizadores na escolha dos modos suaves enquanto as principais desvantagens estão relacionadas com o estado das infraestruturas e segurança. Desta forma é importante garantir um bom dimensionamento da rede pedonal de forma a não existir problemas de continuidade e falta de acessibilidade por parte de utilizadores com mobilidade reduzida e garantir a existência de uma rede ciclável bem estruturada e segura.

O relatório (EC, 2007) indica que a reavaliação do plano de desenvolvimento do bairro de *Südstadt* na Alemanha teve como principal objetivo a diminuição das distâncias entre as atividades geradoras de viagens comuns (casa, escola, trabalho, lazer), dando prioridades aos pedestres e consequentemente promovendo a utilização de modos não motorizados.

Promover a utilização do modo ciclável implica a garantia de uma rede ciclável que satisfaça a necessidade dos utilizadores, ligando os pontos principais de forma segura e atrativa. É essencial garantir uma rede de estacionamento de bicicletas que cubra os pontos mais frequentados da cidade, havendo um incentivo na realização de iniciativas de sensibilização da utilização do modo ciclável, como exemplo a iniciativa “De Bicicleta para o Trabalho - Bike to Work Day” realizada pela Agência Municipal de Energia-Ambiente com o apoio da Câmara Municipal de Lisboa (Lisboa E-Nova@. 2014) ou o evento Massa Crítica que é realizado em várias cidades do país (Massa Crítica@. 2014).

- Gestão do Estacionamento

O relatório sobre mobilidade sustentável (EC, 2007) indica a necessidade de implementar medidas de gestão do estacionamento para garantir uma oferta de estacionamento sustentável, satisfazendo as necessidades dos residentes, visitantes e serviços de cargas e descargas. Desta forma, o relatório apresenta algumas medidas que são apresentadas a seguir:

- Investir em estacionamento pago de forma a valorizar a oferta de estacionamento em zonas de maior procura;
- Disponibilizar descontos aos residentes;
- Promover a rotatividade dos lugares;
- Reduzir a quantidade de lugares estacionamentos;
- Investir em medidas de *Park&Ride* para zonas mais afastadas do centro da cidade

Em Portugal a gestão do estacionamento é um tema muito discutido visto uma boa parte das autoridades locais considerarem o automóvel como meio de transporte principal. Contudo, esta mentalidade encontra-se a mudar e observa-se que aos poucos os municípios portugueses estão a adotar soluções sustentáveis de gestão urbana que valorizam a mobilidade dos centros urbanos. O relatório acerca da mobilidade de cidades portuguesas (DGOTDU, 2011) apresenta um exemplo típico de muitas cidades portuguesas, em que existe uma grande oferta de estacionamento em zonas históricas em favor da acessibilidade pedonal. Apresenta o exemplo do município de Torres Novas que requalificou sua praça central localizada no centro histórico de forma a melhorar a acessibilidade pedonal da zona e reduzir a quantidade de estacionamentos disponível visto quem encontrava-se desvalorizada pela quantidade de veículos estacionados diariamente

- Políticas de Gestão do Transporte Coletivo

A promoção da utilização do transporte coletivo é um fator importante para mudar os hábitos dos habitantes das cidades e diminuir a utilização do transporte individual, influenciando desta forma nas emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera. O relatório de mobilidade (EC, 2007) indica que o sistema de transporte coletivo deve ser rápido, de confiança, pontual e de qualidade necessitando de um investimento a longo prazo, por parte das autoridades locais, com o intuito de implementar soluções inovadoras e melhorar a experiência por parte dos utilizadores.

Este mesmo relatório apresenta alguns exemplos aplicados a cidades europeias sendo que em algumas cidades da Alemanha os serviços tradicionais de autocarros foram substituídos por serviços de autocarro com alta frequência onde oferecem percursos curtos e rápidos, além da existência de um grande número de paragens. Nas cidades de Malmö, Toulouse, Zurique e Praga foi introduzido um sistema de aumento da prioridade dos autocarros nos semáforos de forma a diminuir o tempo perdido visto que cerca de 11% do tempo de viagem de um autocarro é gasto a espera nos semáforos.

2.2.3 Sistemas de Partilha

- Sistemas de Partilha de Bicicletas

Também conhecido como *Bike Sharing*, o sistema de partilha de bicicletas é um conceito introduzido em 1965 na cidade de Amsterdam no qual consiste em disponibilizar gratuitamente uma quantidade de bicicletas aos cidadãos com o intuito de incentivar o modo ciclável, tanto como atividade de lazer como modo de transporte para o trabalho. Este conceito tem vindo a evoluir com o passar dos anos e de acordo com as autoras Susan Shaheen e Stacey Guzman (Shaheen e Guzman, 2011), no ano de 2011 existiam 136 programas de *bike sharing* sendo que a França liderava com a quantidade de 29 programas de *Bike Sharing* existentes, estando os casos mais populares os programas *Velo à la Carte* na cidade de Rennes e o *Velib'* na cidade de Paris

O relatório do programa *Students Today, Citizens Tomorrow* elaborado pelos autores Panos Antoniadis e Andreas Chrysanthou (Antoniadis e Chrysanthou, 2009) indica detalhadamente o conceito de *bikesharing*, desde a sua constituição até medidas de implementação, além de apresentar exemplos de boas práticas presentes na Europa como os casos das cidade de Londres e Barcelona (Quadro 2.1).

Em Portugal, o primeiro sistema de partilha de bicicletas implementado foi na cidade de Aveiro no ano de 2000 através do projeto BUGAS (Bicicletas de Utilização Gratuita de Aveiro) no qual os autores Margarida Neta e Mário Alves (Neta e Alves, 2013) indicam que este sistema contava inicialmente com cerca de 30 estações e 350 bicicletas que funcionavam como um sistema de empréstimo com recurso a uma moeda. Ainda é apresentado nesse relatório os sistemas em funcionamento em vários municípios portugueses que valorizam o modo ciclável, tanto a nível de lazer como para realização de viagens pendulares (Anexo A). A maior parte destas iniciativas possuem um carácter de lazer em que o sistema de partilha ainda não está completamente desenvolvido e possui muitas limitações. Contudo, alguns municípios já possuem sistemas de partilha de bicicleta desenvolvidos e associados a sistemas inteligentes de manutenção, como por exemplo os casos de Águeda, Lisboa e Ansião.

As autoras Inês Frade e Anabela Ribeiro (Frade e Ribeiro, 2014a) estabeleceram uma metodologia de estimação da procura potencial de um sistema de *bike sharing* que considera na sua análise informação sobre o público-alvo, características das viagens e características físicas do percurso das cidades sendo apresentada uma aplicação desta metodologia na cidade de Coimbra, que é uma cidade portuguesa de média dimensão.

- *Carsharing*

O sistema de *carsharing* iniciou nos anos 80 na Suíça e representa um sistema de aluguer de carros partilhados em que o pagamento é feito de acordo com a utilização tal que algumas das vantagens de utilização deste serviço reflete-se no facto de não existir compromisso nos custos de manutenção do automóvel. O relatório relativo aos transportes urbano sustentável (EC, 2007) considera que este sistema serve de apoio às medidas de restrição de utilização do transporte individual visto indicar que cada automóvel partilhado substitui quatro a dez carros privados, além de que a utilização deste serviço influencia a redução de quilómetros percorridos e incentiva a utilização do transporte público

O autor Willi Loose (Loose, 2009) indica que apesar do *carsharing* ser um sistema normalmente aplicado em cidades grandes é possível a sua aplicação em cidades pequenas desde que haja incentivo para a utilização dos automóveis nas viagens casa-trabalho sendo necessário uma constante promoção do serviço à comunidade. Indica ainda vários exemplos de aplicação na Europa que demonstram a rentabilidade mesmo com frota inferior a 10

veículos. Em Portugal já existe iniciativas nas cidades de Lisboa (*CityDrive, mob carsharing*) e Porto (*Citizenn*).

PAÍS	CIDADE	PROGRAMA	ANO	CARACTERÍSTICAS	TARIFA ANUAL
França	Paris	<i>Velib'</i>	1995	Mais de 20000 bicicletas 1800 estações	29 €-39€
	Lyon	<i>Vélo'v</i>	2005	340 estações	25€
Suécia	Estocolmo	<i>City Bikes</i>	2007	Cerca de 100 estações	SEK 250 - SEK 300
Alemanha	<i>Berlin Frankfurt Cologne Stuttgart Munich Karlsruhe</i>	<i>Deutsche Bahn (DB)</i>		Possibilidade de aluguer de bicicletas	25€-99€
Espanha	Barcelona	<i>Bicing</i>	2005	6000 bicicletas 420 Estações	47,16 €
	Sevilha	<i>Sevici</i>	2007	250 estações	10€
Reino Unido	Londres	<i>Barclays Cycle Hire</i>	2007	Mais de 10000 bicicletas 700 estações	£90
Itália	Milão	<i>bikeMi</i>	2008	216 estações	36€

Quadro 2.1 – Alguns exemplos de programas de *Bike Sharing* existente na Europa.
Atualizado e adaptado de (Antoniades e Chrysanthou, 2009)

2.2.4 Mobilidade Elétrica

- Promoção da Utilização de Bicicletas Elétricas

O relatório de gestão da mobilidade de regiões europeias (EPOMM, 2013) apresenta um exemplo de uma região na Holanda que adotou em 2012 uma iniciativa de promoção da utilização de bicicletas elétricas, conhecidas como PEDELEC, no qual garantiam um apoio financeiro na compra de bicicletas elétricas. O objetivo consistia em incentivar a troca do meio de transporte mais utilizado nas viagens pendulares (casa-trabalho e trabalho-casa) visto que anteriormente a esta iniciativa, 65% dos trabalhadores escolhiam o automóvel como meio de transporte para realização destas viagens. Esta iniciativa reduziu para 23% a utilização de automóvel nas viagens pendulares dos trabalhadores e contribui para servir de exemplo para outras regiões da Holanda que decidiram adotar esta iniciativa posteriormente

- Promoção da Utilização de Carros Elétricos

O sector dos transportes é o segundo maior responsável pelas emissões de gases de efeito estufa, sendo que dados de 2005 mostram que essas emissões representavam 23,4% das emissões totais, como é apresentado no relatório de mobilidade das cidades portuguesas

(DGOTDU, 2011). Desta forma, Portugal começou a investir na promoção da mobilidade elétrica através da criação em 2009 do Programa para a Mobilidade Elétrica que conta com as seguintes iniciativas

- Criação de uma rede nacional de abastecimento: a rede MOBI.E (MOBI.E@, 2014) é a atual responsável pela rede nacional de abastecimento que oferece 1300 pontos de carregamento normal (6H-8H) e 50 pontos de carregamento rápido (20min-30min)
- Incentivo na compra de veículos: os benefícios fiscais provenientes da compra de um veículo elétrico por parte de uma pessoa singular consistem na isenção de pagamento dos impostos de circulação e do veículo. A compra por parte de empresas estão relacionados com deduções fiscais específica.

A localização dos postos de carregamentos dos veículos elétricos normalmente é considerada de acordo com a localização de equipamentos escolares, áreas comerciais e centros urbanos contudo os autores Diego Giménez-Gaydou, Anabela Ribeiro, Javier Gutiérrez e António Pais Antunes (Giménez-Gaydou et al., 2014) propuseram uma metodologia de otimização da localização destes postos de forma a satisfazer as necessidades diárias dos utilizadores. Desta forma, os autores sugeriram um modelo de localização e procura esperada dos postos de carregamentos de veículos elétricos de acordo com indicadores socioeconómicos de zonas da área urbana em estudo.

É importante notar os benefícios provenientes da utilização de veículos elétricos visto diminuir as despesas de manutenção do veículo além de reduzir as emissões de CO₂ provocadas pela utilização do veículo, resultando assim na melhoria da qualidade do ar.

2.3 Indicadores de Sustentabilidade

A sustentabilidade urbana é um conceito multidimensional que considera as dimensões social, económica e ambiental de uma área urbana. Como dito anteriormente, existe alguma complicação em medir e avaliar a sustentabilidade de uma área urbana visto existir dificuldade de compressão da interligação destas dimensões, por parte das autoridades locais. Por isto, a ONU apresentou na conferência do *Earth Summit* em 1992 a Agenda 21 (UN, 2007) e a necessidade de criação de indicadores relacionados com o desenvolvimento sustentável com o objetivo de facilitar o processo de decisão de implementação de ações.

O autor Kenneth Button (Button, 2002) relembra que a utilização de indicadores simples, como a taxa de desemprego e/ou o PIB, serviu por muito tempo como indicador principal de desenvolvimento de uma região, apesar de oferecer uma interpretação bastante limitada e não representar todas as tendências de uma área urbana. A necessidade de medir a sustentabilidade de uma área urbana possibilitou o crescimento do número de indicadores disponíveis para análise, tornado a análise do desenvolvimento de uma região uma atividade mais complexa visto englobar não só a questão económica mas também ambiental e social. A

autora Maria Alberti (Alberti, 1996) indica que para analisar a sustentabilidade de uma área urbana deve-se considerar os seguintes aspetos:

- Transformação da estrutura física e habitat;
- Uso de recursos naturais renováveis e não-renováveis;
- Emissões de gases estufa e resíduos
- Qualidade de vida.

Refere ainda que o facto de estes aspetos não serem normalmente considerados nos processos de tomada de decisão política, influenciaram muitas agências e pesquisadores a desenvolverem uma forma de análise do funcionamento do sistema urbano em que haja uma maior interdependência das dimensões da sustentabilidade.

Desta forma, o autor Kenneth Button (Button, 2002) indica que a utilização de indicadores de sustentabilidade revela-se uma ferramenta essencial no processo de gestão de áreas urbanas e implementação de ações sustentáveis. Estabelece que um determinado indicador deve ser claro e objetivo além de ser sensível à mudança e de fácil interpretação. Notifica que, sempre que possível, deve-se escolher indicadores numericamente quantificáveis e de fácil aplicação a outras zonas urbanas visto permitirem uma maior facilidade de interpretação por parte dos decisores e facilitarem a aplicação do mesmo em outras zonas urbanas e entre diferentes cenários

A seguir é feita uma análise de vários indicadores de desenvolvimento sustentável e mobilidade sustentável utilizados por várias organizações e investigadores de forma a perceber quais os indicadores mais utilizados e os mais importantes a considerar para a elaboração do índice de mobilidade sustentável apresentado neste trabalho.

2.3.1 Organização das Nações Unidas

Com o reconhecimento da importância dos indicadores de desenvolvimento sustentável por parte da ONU em 1992, a Comissão para o Desenvolvimento Sustentável (UN, 2007) iniciou o processo de identificação destes indicadores e em 1995 foi lançada a primeira edição deste conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável no qual resultou num conjunto de 134 indicadores. Após aplicação destes indicadores em vários países, verificou-se a necessidade de redução do tamanho do conjunto visto dificultar a implementação dos mesmos. Sendo assim, o último processo de revisão terminou em 2007 com a consideração de um conjunto de 96 indicadores. A diferença principal na classificação de indicadores consiste no facto de que os indicadores principais se referirem a problemas relevantes para o desenvolvimento sustentável da maior parte dos países, além de serem de fácil interpretação e obtenção de dados enquanto os indicadores secundários contém informação adicional que é característica somente de alguns países.

Desta forma, a Comissão para o Desenvolvimento Sustentável organiza este conjunto de indicadores em 14 temas relacionados com as dimensões social, económica, ambiental e institucional do desenvolvimento sustentável sendo que os indicadores relacionados com a mobilidade sustentável referem-se a repartição modal do transporte de passageiros, repartição modal do transporte de mercadorias e intensidade da energia no sector do transporte.

2.3.2 Comissão Europeia

A Comissão Europeia (Eurostat@, 2013) utiliza um conjunto de indicadores do âmbito económico, ambiental, social e institucional com o intuito de avaliar o desenvolvimento sustentável nos países europeus de acordo com Estratégia de Desenvolvimento Sustentável (EDS), estabelecendo quatro tipos de indicadores:

- Indicadores principais: estão diretamente relacionados com os objetivos principais da EDS e possuem valores comunicativos e educacionais.
- Indicadores operacionais: estão relacionados com objetivos operacionais do EDS.
- Indicadores explicativos: estão relacionados com ações descritas no EDS ou relacionados com avaliação dos objetivos.
- Indicadores de contexto: não representam totalmente os objetivos do EDS mas contém informação que ajudam a identificar os problemas relacionados com desenvolvimento sustentável.

Analisando com maior detalhe os indicadores relacionados com o transporte sustentável, são apresentados sete indicadores explicativos (volume de transporte de mercadorias em relação ao PIB; volume de transporte de passageiros em relação ao PIB; consumo de energia por modo de transporte; emissões de NO_x provenientes do transporte; investimento em infraestruturas de transporte por modo; emissões de partículas provenientes do transporte; emissões de partículas provenientes do transporte; emissões de CO₂/km de automóveis) e um indicador de contexto (índices de preços para o transporte) que englobam questões de repartição modal, emissões de gases, acidentes viários e custo de transporte.

2.3.3 Agência Portuguesa do Ambiente

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2007) elaborou um instrumento de apoio a avaliação da sustentabilidade do país que contribui para a melhoria do desempenho social, económico, ambiental e institucional de Portugal. Este instrumento apresenta um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável que tem como principal objetivo a elaboração de uma base de indicadores relacionados ao desenvolvimento sustentável que sirvam de instrumento de apoio à decisão e monitorização das estratégias para o desenvolvimento sustentável. Posto isto, foi estabelecido um conjunto final com 118 indicadores, nos quais os indicadores diretamente ligados com à mobilidade são:

- Estrutura da rede viária e fragmentação do território;
- Idade média dos veículos em circulação;
- População exposta a ruído ambiente exterior;

- Repartição modal dos transportes de passageiros e de mercadorias;
- Sinistralidade rodoviária;
- Volume de transportes de passageiros e de mercadorias.

2.3.4 PROPOLIS

O projeto PROPOLIS (Lautso et al., 2004) decorreu no período 2000-2003 e teve como objetivo o desenvolvimento de pesquisa relacionada ao uso integrado dos solos e políticas de transporte, que tiveram como intuito a implementação de estratégias sustentáveis nas cidades europeias. Desenvolveu um conjunto de indicadores relacionados com a sustentabilidade urbana que foi posteriormente aplicado em várias cidades europeias com o objetivo de verificar o nível de sustentabilidade das mesmas.

Dentre as políticas implementadas nestas cidades, verifica-se que a regulação da velocidade dos automóveis influencia o número de acidentes de trânsito, contudo não compensa os efeitos provocados no ambiente. Além disto, comprovou-se que a redução de tarifas, aumento de velocidade e melhoria do serviço do transporte público coletivo serve de incentivo à utilização deste modo de transporte verificando que a implementação de políticas sustentáveis origina melhores resultados no desenvolvimento de zonas urbanas.

2.3.5 Indicadores de Ocupação Urbana

A autora Bruna Melo (Melo, 2004) propôs um conjunto de indicadores relacionados com a ocupação urbana de forma a aplicar em um procedimento de planeamento da ocupação da área urbana de acordo com a rede viária da área urbana. A escolha destes indicadores teve como objetivo principal a redução de viagens de automóvel, incentivando assim a utilização de modos de transporte alternativos.

2.3.6 Estudos Efetuados

Para a escolha do sistema de indicadores proposto pelos autores Vânia Campos, Rui Ramos e Denise Correia (Campos et al., 2009) foi estabelecido que mobilidade sustentável de uma cidade é dependente das seguintes iniciativas:

- Promoção dos modos suaves de transporte, como modo ciclável e modo pedonal;
- Redução da utilização do transporte individual motorizado;
- Garantia da igualdade de acesso aos serviços de transporte;
- Investimento no aumento da eficiência dos sistemas de transportes;
- Redução do consumo de energia associada ao transporte;
- Redução das emissões de gases relacionadas com o transporte.

Com base nisto, foi apresentado um conjunto de indicadores utilizados para a criação de um índice de mobilidade sustentável que relacionam os temas acerca do transporte, uso do solo e sustentabilidade urbana. Os indicadores utilizados foram distribuídos entre temas que estão diretamente relacionados com os objetivos principais da mobilidade sustentável, sendo eles:

- Incentivo ao uso do transporte público;
- Incentivo ao transporte não motorizado;
- Conforto ambiental e segurança
- Conjunção transporte e atividade económica;
- Intensidade do uso do automóvel.

Os autores Hellem Miranda e Antônio Silva (Miranda e Silva, 2012) propuseram um método de medição das condições de mobilidade de um centro urbano através da consideração das dimensões da sustentabilidade e estabelecendo um índice de mobilidade sustentável com o intuito de ajudar as autoridades locais na implementação de políticas sustentáveis nos processos de gestão da mobilidade. Este índice de mobilidade sustentável está associado a 87 indicadores, distribuídos por nove domínios que referem-se a acessibilidade, aspetos ambientais, aspetos sociais, aspetos políticos, infraestruturas de transporte, modos não-motorizados, planeamento integrado, circulação de tráfego urbano e sistemas de transporte urbano. Os temas mais relevantes para a elaboração deste índice referenciam as questões de promoção dos modos suaves, aumento da acessibilidade por parte dos utilizadores, conscientização das autoridades locais da importância da sustentabilidade nos transportes e controlo dos impactos ambientais provocados pelos transportes.

Por fim, foi analisado o estudo efetuado por Brian Fitzgerald, Travis O'Doherty, Richard Moles e Bernadette O'Regan (Fitzgerald et al., 2012) em que apresentam um método de avaliação do impacto das políticas sustentáveis no desenvolvimento sustentável de áreas urbanas. Para a conceção deste método foi utilizado os seguintes princípios:

- As áreas urbanas existirão com um futuro mais sustentável;
- O principal desafio ambiental é a emissão de gases estufas;
- Existe uma grande necessidade de investimento nas infraestruturas, bens e serviços culturais além da importância de melhoria das questões socioeconómicas e qualidade de vida da população.

O método criado apresenta um grupo de indicadores relacionados com a avaliação da sustentabilidade de uma área urbana através da consideração de 4 temas e 40 indicadores.

Em suma, é apresentado a seguir (Quadro 2.2) um resumo dos indicadores de mobilidade sustentável utilizados nos estudos aqui apresentados e que serviram de apoio na escolha do conjunto de indicadores utilizados para o índice de mobilidade sustentável proposto neste trabalho.

INDICADOR	DIMENSÃO	ONU	EUROSTAT	APA	PROPOLIS	Bruna Nelo	Vânia Campos et al.	Hellem Miranda e Antônio Silva	Brian Fitzgerald et al.
Gases de estufa provenientes do transporte	Ambiental		•		•			•	•
Estudos relacionados com impactos ambientais	Ambiental							•	
Consumo de combustível	Ambiental							•	
Consumo de Energia por Modo de Transporte	Ambiental	•	•						
Emissões de Partículas Provenientes do Transporte	Ambiental		•		•				
Benefícios monetários de investimento/utilização provenientes do transporte	Económica				•			•	
Investimento em Energia Renovável	Económica						•		•
Custos diretos e indiretos relacionados com transporte	Económica		•		•		•	•	
Volume de Transporte de Mercadorias/Passageiros em relação ao PIB	Económica		•						
Investimento em Infraestruturas de Transporte	Económica		•		•			•	
Parcerias Público-Privada e Intermunicipais	Institucional							•	
Políticas de Mobilidade Urbana	Institucional							•	
Participação da população no processo de decisão	Institucional							•	
Exposição ao ruído do tráfego	Social			•	•			•	•
Sinistralidade rodoviária	Social			•	•		•	•	
Acessibilidade aos serviços, espaços abertos e transporte público	Social				•	•		•	•
Distância mensal percorrida com destino a serviços/trabalho/estações	Social						•		•
Educação para o desenvolvimento sustentável	Social							•	
Repartição modal	Transporte	•		•					
Estrutura da rede viária e densidade da rede urbana	Transporte			•				•	

Quantidade anual de passageiros e de mercadorias	Transporte				•			•	
Extensão de vias com <i>traffic calming</i>	Transporte						•		
Rede ciclável (faixas, equipamento disponível, facilidade de estacionamento)	Transporte					•	•	•	
Quantidade de estacionamento para carga e descarga	Transporte						•		
Transporte Público Urbano (oferta, pontualidade, conforto)	Transporte				•		•	•	
Frequência do Transporte Público Urbano	Transporte				•		•	•	
Garantia de transporte, estacionamento e adaptação de passageiras para pessoas com mobilidade reduzida	Transporte						•	•	
Tempo médio de viagem por modo de transporte	Transporte				•		•	•	
Veículos que utilizam energia limpa ou combustíveis alternativos	Transporte						•	•	
Taxa de utilização do transporte coletivo	Transporte								•
Índice de fluxo de tráfego	Transporte								•
Trânsito (faixas, violação das regras)	Transporte							•	
Ruas com passeios	Transporte							•	
Número de viagens por modo de transporte	Transporte						•	•	
Medidas de redução do tráfego motorizado	Transporte							•	
Congestionamento	Transporte						•	•	
Velocidade média de circulação	Transporte					•		•	
Taxa de motorização	Transporte							•	•
Taxa de ocupação do veículo	Transporte							•	
Terminais intermodais	Transporte							•	

Quadro 2.2 – Resumo dos indicadores de mobilidade sustentável presentes nos estudos considerados anteriormente

3 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A utilização de métodos de avaliação monetária nos processos de avaliação e decisão de problemas complexos, como por exemplo a análise custo-benefício, está cada vez mais ultrapassada visto que este tipo de avaliação não avalia as diversas dimensões que os atuais problemas possuem, além de considerar somente soluções ligadas à questões económicas.

Por este motivo, a resolução de problemas heterógenos e complexos utilizando métodos de avaliação monetária não são suficientes para descrever as melhores soluções visto não considerarem a importância que critérios não-monetários possuem no processo de tomada de decisão. Por este motivo que a utilização da análise multicritério na avaliação de problemas deste tipo tornou-se popular visto produzir resultados simples que facilitam o processo de escolha de alternativas.

O método multicritério é um método de aplicação simples que considera uma matriz de decisão que contém um conjunto de linhas que representam os critérios de análise (ou neste caso, os indicadores) e colunas que representam as alternativas (ou cenários). Esta matriz, conhecida pelo autor Henk Voogd (Voogd, 1983) como matriz de avaliação pode ter os valores dos critérios em relação a cada alternativa em diferentes unidades sendo que posteriormente deve-se normalizar estes valores de forma a ser possível compará-los entre si, tornando-se assim uma matriz efetiva ou matriz de decisão.

		ALTERNATIVAS					
		A	B	C	.	.	Etc.
CRITÉRIOS	1	Valores dos critérios					
	2						
	.						
	.						
	Etc.						

Quadro 3.3 – Exemplo de matriz de avaliação (Voogd, 1983)

Esta aplicação simples do método multicritério contribui para o processo de planeamento urbano e decisão de estratégias a adotar pelas autoridades de acordo com os objetivos pretendidos. Desta forma, o relatório de sustentabilidade urbana (PLUME, 2003) apresenta os seis passos de aplicação do processo de análise multicritérios (Figura 3.4), sendo posteriormente traduzido pela autora Vânia Campos (Campos, 2005).

Existem duas possibilidades de equacionar problemas utilizando uma análise multicritério, através de métodos multiobjectivo ou métodos multiatributo. O autor João Coutinho Rodrigues (Rodrigues, 2003) distingue-as através do objetivo pretendido visto que os métodos multiobjectivo estão relacionados a problemas de conceção no qual levam a criação de um número infinito de alternativas e os métodos multiatributo com problemas de seleção de alternativas finitas.

Como o objetivo de aplicação da análise multicritério neste trabalho é a definição de um índice de mobilidade sustentável que considere indicadores de mobilidade sustentável importantes para cidades de pequena a média dimensão, através da avaliação de alternativas que considere alterações na mobilidade da área urbana em estudo, será utilizado para este efeito um método multiatributo. Desta forma, o relatório (PLUME, 2003) indica que é necessário ter em conta as três etapas para a criação de um índice de sustentabilidade através da aplicação da análise multicritério:

1. Criação de uma lista de indicadores;
2. Atribuição de valores aos indicadores;
3. Atribuição de pesos aos indicadores.

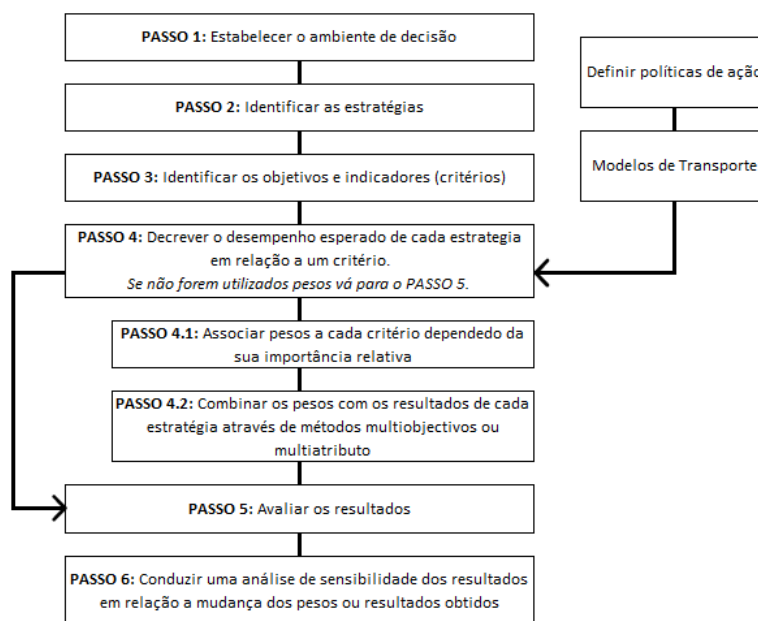


Figura 3.4 – Etapas de uma Análise Multicritério (Campos, 2005; PLUME, 2003)

3.1 Determinação dos Critérios

3.1.1 Escolha e Determinação dos Valores

O autor João Coutinho Rodrigues (Rodrigues, 2003) define critério como a “*expressão, qualitativa ou quantitativa, de um ponto de vista que se deseja fazer intervir na avaliação*” e indica que na escolha de um conjunto de critérios é necessário garantir coerência através das condições de exaustividade (se a performance de duas alternativas forem iguais, essas alternativas devem tornar-se indiferente), coesão (se uma alternativa for em tudo igual a uma segunda alternativa exceto no desempenho de um determinado critério no qual possui melhores resultados, esta primeira alternativa será sempre a melhor opção que a segunda alternativa) e não redundância (não deve-se eliminar critérios do conjunto sem verificar que a influência causada cumpre as outras condições). Desta forma para a criação de um índice de mobilidade sustentável é importante criar um conjunto de indicadores que representem de forma clara e coesa os padrões de mobilidade pretendidos e que estejam de acordo com as questões de sustentabilidade.

Como dito anteriormente, uma das vantagens da análise multicritério consiste na possibilidade de utilização de critérios com diferentes medidas, sendo possível existir critérios com escala quantitativa e critérios com escala qualitativa na mesma análise.

3.1.2 Normalização

A possibilidade de utilizar critérios com diferentes unidades implica a utilização de métodos de normalização que facilitem a comparação entre critérios, normalmente utilizando uma escala de valores entre 0 e 1. O autor Henk Voogd (Voogd, 1983) indica que a análise dos resultados da normalização depende do tipo de critério utilizado, isto é, se o critério for de benefício quanto mais próximo da unidade for o valor melhor é a solução sendo o oposto se o critério for de custo. Desta forma, os autores João Coutinho Rodrigues e Henk Voogd (Rodrigues, 2003; Voogd, 1983) apresentam dois métodos de normalização conhecidos como normalização vetorial e normalização linear que serão apresentados a seguir.

A normalização vetorial dos critérios garante que todos os critérios sejam adimensionais através da divisão de cada vetor linha da matriz de decisão pela norma euclidiana como indicada na equação (1) de tal forma que x_{ij} representa os valores originais da alternativa i do critério j , m representa o número de alternativas existentes e r_{ij} representa os valores normalizados obtidos e que serão utilizados na matriz de decisão.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

A normalização linear é a mais adequada quando pretende-se utilizar o método da soma ponderada devido considerar se um determinado critério é de custo ou benefício. Existem dois métodos de normalização mais utilizados, a normalização linear de razão e a normalização linear razão de diferenças.

As equações (2) e (3) determinam o cálculo do valor normalizado de um determinado critério quando este custo ou benefício, respectivamente, de acordo com a normalização linear de razão. Para um critério de benefício quanto maior for o valor r_{ij} tanto maior será a preferência para este critério sendo que para um critério de custo a situação é contrária.

$$r_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (3)$$

O método de normalização linear razão de diferenças é normalmente utilizado quando um dos valores extremos é nulo sendo que as equações (4) e (5) determinam os valores para critérios de custo e benefício, respectivamente.

$$r_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (4)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (5)$$

3.1.3 Atribuição de Pesos

A atribuição de pesos aos critérios é um passo importante em vários métodos de análise multicritério visto o peso atribuído a um determinado critério relevar a importância relativa deste critério em relação ao problema analisado. A identificação dos pesos dos critérios é um processo muito subjetivo, tal que o método de obtenção destes valores depende geralmente da informação disponível ou da forma de obtenção. O relatório de sustentabilidade urbana (PLUME, 2003) e autores como João Coutinho Rodrigues e Henk Voogd (Rodrigues, 2003; Voogd, 1983) abordam vários exemplos de obtenção dos pesos dos critérios sendo que os mesmos podem ser divididos em métodos diretos e métodos indiretos.

Os métodos diretos permitem obter os pesos dos critérios através de inquéritos de opinião realizados a vários inquiridos obtendo assim um conjunto de pesos. Os métodos mais comuns de aplicação são os métodos da pontuação e os métodos da comparação de pares. O primeiro estabelece um valor limite, normalmente 100%, que é distribuído pelos vários critérios de acordo com a importância que cada inquiridor tem em relação a cada critério enquanto os métodos da comparação de pares obtêm os pesos dos critérios através da comparação dos critérios entre si considerando uma determinada escala, como é o caso do *Analytic Hierarchy Process* (método AHP).

O método AHP foi desenvolvido por Thomas Saaty (Saaty, 1980) e considera a construção de uma matriz de comparação par-a-par exemplificada pela matriz (6) no qual o valor a_{1n} representa a importância que o critério 1 possui em relação ao critério n . Essa comparação é feita de acordo com o Quadro 3.4 utilizando um grau de comparação que vai de 1 a 9.

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Nível da Importância	Definição
1	Igualmente Importante
3	Importância Média
5	Importância Alta
7	Importância Muito Alta
9	Extremamente Importante
2,4,6,8	Importância intermediária entre os valores adjacentes

Quadro 3.4 Nível de importância utilizado para comparação de critérios (Saaty, 1980)

Depois de definido a matriz de comparação é possível determinar o peso w_i de cada critério i utilizando a equação (7) sendo que n refere-se ao numero total critérios utilizados na comparação.

$$w_i = \frac{(a_i * a_{i2} * a_{i3} * \dots * a_{in})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n (a_i * a_{i2} * a_{i3} * \dots * a_{in})^{\frac{1}{n}}} \quad (7)$$

Contudo é necessário verificar a consistência dos resultados obtidos através do cálculo do grau de consistência (CR) das comparações deduzido na equação (8) sendo que o valor característico da matriz de comparação, $\lambda_{m\acute{a}x}$, é obtido de forma simples pela transformação matricial obtida na equação (9) que utiliza a matriz de comparação par-a-par e os pesos dos critérios.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (8)$$

$$\underline{A} \underline{w} = \lambda_{m\acute{a}x} \underline{w} \quad (9)$$

O índice de aleatoriedade (RI) foi obtido após análise de 500 matrizes de comparações par-a-par, resultando nos valores indicados o Quadro 3.5. Desta forma, o autor Thomas Saaty indica que o grau de consistência deve ser igual ou inferior a 0,10 para considerar que as comparações efetuadas são aceitáveis.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Quadro 3.5 Índice de aleatoriedade (RI) (Saaty, 1980)

Em relação aos métodos indiretos, estes são métodos pouco rigorosos que podem ser baseados em informação definida em estudos já efetuados, manipulação dos pesos de acordo com uma ordenação pré-estabelecida pelos inquiridos ou através de estimação interativa no qual identifica os critérios mais e menos preferidos pelos inquiridos.

Após efetuada a normalização dos valores obtêm-se a matriz de decisão que será utilizada na análise das alternativas. Esta análise pode ser feita utilizando métodos multiobjectivos ou métodos multiatributo, como dito anteriormente. Como o objetivo final é ordenação das alternativas de acordo com o valor do índice de mobilidade sustentável, será abordado no próximo ponto um método multiatributo muito utilizado, o método da soma ponderada.

3.2 Método Multiatributo de Agregação usando uma Função de Síntese

A utilização de um método multiatributo com o objetivo de criação de um índice de mobilidade sustentável verifica ser o método mais aplicável visto permitir a utilização de uma função de síntese que considera os pesos dos critérios e valores normalizados de cada critério de acordo com as alternativas consideradas. Esta função de síntese atribui um valor a cada alternativa que representa a importância que esta alternativa possui de forma a se obter uma ordenação final completa. Desta forma, é apresentado a seguir o método da soma ponderada visto ser o método utilizado para a determinação do índice de mobilidade sustentável proposto neste trabalho.

3.2.1 Método da Soma Ponderada

O autor João Coutinho Rodrigues (Rodrigues, 2003) apresenta este método como um dos métodos mais utilizados visto ser intuitivo e de simples aplicação. Para aplicar este método é necessário que os valores da matriz de decisão sejam numéricos e estejam normalizados de forma a ser possível o somatório dos valores. Desta forma, é necessário atribuir um peso w_k a cada critério k de tal modo que a soma dos n pesos seja unitária. A equação (10) representa a função de síntese S_j da alternativa j na qual é obtida pelo somatório dos produtos de cada um dos valores dos seus critérios pelos respetivos pesos. Este procedimento é aplicado para todas as alternativas sendo que quanto mais elevado for o valor da função de síntese maior será a preferência para a alternativa em questão

$$S_j = \sum_{k=1}^n x_{jk} * w_k \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

Apesar de ser de simples aplicação, este método possui algumas limitações que devem ser analisadas de forma cautelosa para que a aplicação do método não resulte em resultados

imprecisos. Dentre estas limitações, o autor João Coutinho Rodrigues (Rodrigues, 2003) relata a necessidade de ter em atenção na escolha do conjunto de pesos visto que diferentes valores implicam diferentes ordenações de alternativas sendo necessário ter em atenção ao processo de definição e escolha dos pesos de forma a não ocorrer situações de imprecisão que influencie os resultados. Deve-se também ter em atenção na eliminação de alternativas durante o processo de simplificação da matriz de decisão visto a utilização de alguns métodos de normalização antes da eliminação da alternativa originar imprecisão de valores. A normalização de valores ordinais para uma escala numérica contínua pode gerar imprecisões e não representar corretamente as preferências relativas enquanto a obtenção dos valores para os critérios pode gerar maior imprecisão visto ser difícil atribuir um valor exato para a maioria dos critérios, além da dificuldade de garantia de interdependência entre critérios, o que influencia no processo de decisão.

Desta forma, a Figura 3.5 sumariza as etapas de uma análise multicritério utilizando o método da soma ponderada.

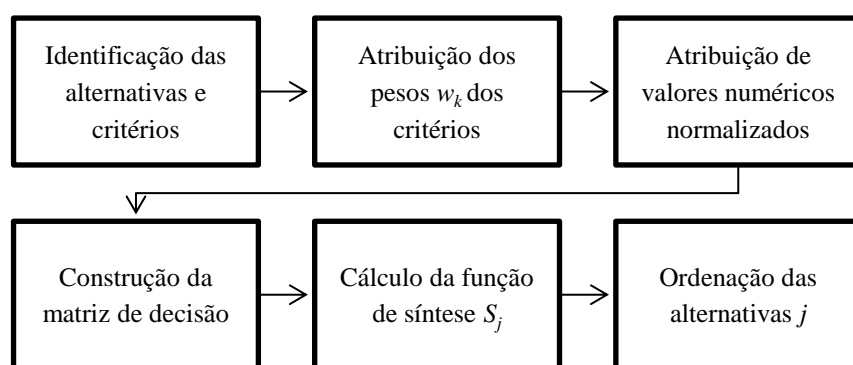


Figura 3.5 – Etapas da análise multicritério utilizando o método da soma ponderada

4 PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL APLICADO A CIDADES PORTUGUESAS DE PEQUENA A MÉDIA DIMENSÃO

4.1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo explicar o processo de criação de um índice de mobilidade sustentável aplicado a cidades portuguesas de pequena a média dimensão utilizando a análise multicritério para a avaliação de cenários de melhoria da mobilidade da região estudada. Esta abordagem considera os estudos acerca dos indicadores de mobilidade sustentável e desenvolvimento sustentável referidos anteriormente, dos quais os autores Vânia Campos, Hellem Miranda e Antônio Silva (Campos, 2005; Miranda e Silva, 2012) apresentam propostas de índices de mobilidade sustentável que foram aplicados nas cidades brasileiras de Belo Horizonte e Curitiba, respectivamente.

A escolha dos indicadores apresentados no capítulo anterior para aplicação no índice de mobilidade sustentável proposto neste trabalho foi feita tendo em consideração as questões apresentadas no relatório (UN, 2007), que indica que os critérios que devem ser tidos em conta na escolha de um conjunto de indicadores de sustentabilidade, em especial ao conjunto de indicadores propostos pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, devem estar relacionados com a sua possibilidade de aplicação a nível nacional e sua integração das dimensões da sustentabilidade. Além disto, os indicadores escolhidos devem ser compreensíveis, não ambíguos, limitados e adaptáveis a mudanças futuras no qual o conjunto final de indicadores escolhidos não devem ser extenso visto dificultar o manuseio, análise e compreensão dos mesmos sendo mais vantajoso utilizar uma pequena quantidade de indicadores.

4.2 Indicadores Utilizados

A seleção dos indicadores a adotar para a análise da mobilidade sustentável de cidades portuguesas de pequena a média dimensão deve ter em especial atenção as questões de disponibilidade de dados e aplicabilidade. A disponibilidade de dados é uma questão importante visto originar a eliminação de um determinado indicador do conjunto de indicadores implicando na alteração da influência dos mesmos perante o índice pretendido. Escolheu-se assim indicadores que são facilmente obtidos a partir das autoridades locais ou através de pesquisa de campo, além dos que representam os problemas de mobilidade das cidades portuguesas.

Além disto, no processo de escolha dos indicadores teve-se em atenção aos objetivos e resultados pretendidos na mobilidade das cidades portuguesas de pequena a média dimensão. Entre eles destacam-se:

- Diminuir emissão dos gases de efeito estufa;
- Garantir a segurança rodoviária dos residentes;
- Aumentar a atratividade do transporte coletivo;
- Desmotivar a utilização do transporte individual para viagens curtas;
- Promover os carros elétricos;
- Investir na melhoria do modo pedonal e ciclável de forma a promover a sua utilização;

Desta forma, o Quadro 4.6 apresenta o conjunto de indicadores escolhidos para integrar o índice de mobilidade sustentável proposto, seguida a informação das respetivas unidades. A obtenção de bons resultados do índice de mobilidade sustentável consiste na diminuição dos valores dos indicadores de custos e aumento dos valores dos indicadores de benefício. Também é apresentado a definição dos indicadores, sendo que no processo de escolha procurou-se escolher indicadores quantitativos vistos serem de fácil manuseio, contudo existem alguns indicadores qualitativos que são importantes para a mobilidade sustentável das cidades portuguesas.

Nº	INDICADOR	UNIDADE	DEFINIÇÃO
1	Emissões de CO ₂	toneladas de CO ₂ / km ²	Representa o volume de CO ₂ emitido na atmosfera através do setor do transporte, considerando o transporte individual e o transporte coletivo, por área da zona em estudo.
2	Acidentes rodoviários relacionados com pedestres e ciclistas	unidade	Representa a quantidade anual de acidentes rodoviários que envolvem pedestres e ciclistas.
3	Influência do custo de utilização do TC em relação ao rendimento	%	Representa a relação do custo mensal de utilização do transporte público coletivo (passe mensal, por exemplo) com o rendimento mensal médio.
4	Influência do custo de utilização do TI em relação ao rendimento	%	Representa a relação do custo mensal de utilização do transporte individual (combustível, manutenção, etc.) com o rendimento mensal médio.
5	Existência de Plano de Mobilidade Sustentável	SIM/NÃO	Considera a existência de um Plano de Mobilidade Sustentável em vigor ou em fase de elaboração.
6	Taxa de motorização	vei / 1000 hab	Quantidade de veículos ligeiros por 1000 habitantes.
7	Taxa de ocupação do veículo	peçoas / veículo	Representa ocupação média de um veículo.
8	Comprimento da rede ciclável	m (ou Km)	Extensão das ciclovias existentes, vias segregadas reservadas para os ciclistas e percursos cicláveis.
9	Quantidade de zonas de estacionamento de bicicletas	unidade	Representa a quantidade de zonas de estacionamento de bicicletas que sejam seguras, conservadas e que possuam no mínimo 2 lugares de estacionamento.

10	Existência de programas de partilha de bicicletas	SIM/NÃO	Considera a existência de programas de partilha de bicicletas bem estruturados que possuem um sistema funcional que motive a utilização da bicicleta para atividades do dia-a-dia e não somente para o lazer.
11	Arruamentos com passeios em boas condições	%	Representa a relação dos passeios que cumprem os requisitos legais relativos ao comprimento mínimo de 1,20m e condições apropriadas de deslocação com todos os passeios.
12	Frequência dos serviços	min	Indica a frequência média dos serviços de transporte coletivo.
13	Distância média entre paragens	m	Representa a distância média entre as paragens dos serviços de transporte coletivo.
14	Veículos adequados para pessoas com mobilidade reduzida	SIM/NÃO	Indica a existência de veículos adaptados para pessoas com mobilidade reduzida na rede de transporte coletivo. Se possível, indicar a proporção em relação a quantidade total de veículos.
15	Terminal intermodal	SIM/NÃO	Indica a existência ou não de um terminal intermodal.
16	Postos de carregamento de veículos elétricos	unidade	Indica a quantidade de postos de carregamentos de veículos elétricos disponíveis.

Quadro 4.6 – Definição dos indicadores utilizados

4.3 Metodologia de Cálculo

A obtenção do valor índice de mobilidade sustentável, para uma determinada área urbana, proposto neste trabalho depende da aplicação do método da soma ponderada e avaliação multicritério considerando vários cenários de intervenção que considere melhorias na mobilidade da área urbana em estudo. Desta forma, utilizando o conjunto de indicadores escolhido anteriormente deve-se definir o conjunto de pesos/importâncias que estes indicadores possuem.

Como indicado no capítulo anterior existem vários métodos para obtenção destes pesos sendo que neste trabalho decidiu-se utilizar o método AHP de acordo com os pesos disponíveis nos estudos efetuados por Vânia Campos, Rui Ramos, Denise Correia, Hellem Miranda, Antônio Silva Vânia Campos e do projeto PROPOLIS (Campos et al., 2009; Lautso et al., 2004; Miranda e Silva, 2012). Os dois primeiros estudos referem-se a aplicação em cidades brasileiras (Belo Horizonte e Curitiba, respetivamente) sendo que o último projeto tem aplicabilidade europeia. Os pesos destes estudos foram obtidos através de consulta pública a uma grande quantidade de especialistas e autoridades locais no qual utilizaram também o método AHP para determinar o peso dos indicadores.

Desta forma, verifica-se uma grande dificuldade em determinar uma preferência definida por parte das autoridades e especialistas portugueses em relação aos indicadores utilizados visto o tema da mobilidade sustentável ainda está em desenvolvimento no país e a realização de

inquéritos a um grande grupo de especialistas, autoridades locais e governantes é um processo trabalhoso que requer muito tempo. Existe pouca informação acerca disto sendo que o objetivo principal consiste em criar um índice de mobilidade sustentável com base na informação disponível e que seja possível analisar diversos cenários de intervenção com o intuito de verificar as principais alterações e futuramente adequar de acordo com os dados disponíveis. Com base nisto, considerou-se a importância dos indicadores utilizados nestes três estudos para obter os pesos do sistema de indicadores escolhidos neste trabalho através da comparação de cada indicador entre si e utilizando uma escala de comparação de 1 a 9 definida por Thomas Saaty (Saaty, 1980) para obtenção da matriz de comparação par-a-par. Desta forma, após aplicação do método AHP (ver Anexo B) obteve-se os pesos dos critérios pretendidos (Quadro 4.7) verificando que não existe inconsistências nas comparações logo os pesos obtidos são válidos.

INDICADOR	PESO w_i
Emissões de CO2	6,4%
Acidentes rodoviários relacionados com pedestres e ciclistas	1,5%
Influência do custo de utilização do TPC em relação ao rendimento	8,4%
Influência do custo de utilização do TI em relação ao rendimento	5,8%
Existência de Plano de Mobilidade Sustentável	12,2%
Taxa de motorização	5,1%
Taxa de ocupação dos veículos	5,1%
Comprimento da rede ciclável	4,3%
Quantidade de zonas de estacionamento de bicicletas	5,3%
Existência de programas de empréstimo de bicicletas	3,0%
Arruamentos com passeios em boas condições	6,9%
Frequência dos serviços	13,6%
Distância média entre paragens	8,6%
Veículos adequados para pessoas com mobilidade reduzida	8,9%
Terminal intermodal	1,7%
Postos de carregamento de veículos elétricos	3,0%

Quadro 4.7 – Pesos finais a utilizar no índice de mobilidade sustentável proposto neste trabalho

É importante notar que a falta de informação relativa a um determinado indicador implica a necessidade de desconsideração deste indicador no cálculo do índice de mobilidade sustentável sendo necessário recalcular os pesos dos indicadores novamente utilizando somente o conjunto disponível.

Em seguida é necessário obter os valores do conjunto de indicadores escolhidos para a área urbana em estudo sendo necessário utilizar um método de normalização mais adequado para

ser possível a comparação entre valores. A obtenção do índice de mobilidade sustentável é feita utilizando uma análise multicritério em que é obtida o valor do índice considerando vários cenários de intervenção relativos a mobilidade sustentável de forma a ser possível identificação deste valor para a situação atual da área urbana e analisar as variações em relação aos cenários propostos e com isto, ser possível definir as estratégias de intervenção.

Desta forma, a obtenção do índice de mobilidade sustentável aplicado a cidades de pequena a média dimensão (IPMS) é obtido de forma simplificada através da consideração do método da soma ponderada como demonstrado no relatório de sustentabilidade urbana e também considerado pelo autor João Coutinho Rodrigues (PLUME, 2003; Rodrigues, 2003) sendo passível de aplicação em variados assuntos, como utilizado nos estudos efetuados por Vânia Campos (Campos, 2005), Eliane Gomes, João Mello, João Mangabeira (Gomes et al., 2008), Ricardo Mateus e Luís Bragança (Mateus e Bragança, 2004). Sendo assim, o IPMS é obtido de acordo com a equação (11) em que p representa o número de indicadores considerados de acordo com cada tema, w_i representa o peso atribuído ao indicador i e v_i representa o valor normalizado do indicador i .

$$\text{IPMS} = \sum_{i=1}^p w_i * v_i \quad (11)$$

Como os valores introduzidos são normalizados, o IPMS terá um valor entre 0 e 1 sendo que quanto mais próximo da unidade mais sustentável é a mobilidade da área urbana em questão desta forma é possível ordenar os cenários analisados de acordo com o valor do IPMS obtido.

Dito isto, o IPMS deve ser uma ferramenta auxiliar no processo de tomada de decisão quanto à questão da mobilidade de cidades de pequena a média dimensão visto que, no geral, há uma grande dependência do transporte individual e pouca preocupação com a implementação de meios sustentáveis de transporte como o modo ciclável, que atualmente é um dos modos mais importantes em vários países da união europeia.

5 CASO DE ESTUDO – CIDADE DE TOMAR

5.1 Introdução

Este capítulo aborda a aplicação prática do valor do índice de mobilidade sustentável proposto no capítulo anterior para a cidade de Tomar. Inicia-se com a caracterização geral da cidade efetuando um enquadramento histórico, geográfico e socioeconómico de forma a melhor compreender o espaço estudado. Posteriormente é analisado os padrões de mobilidade desta cidade, apresentando a caracterização da mobilidade da cidade de Tomar, desde o funcionamento dos sistemas de transportes à oferta de estacionamento. Depois desta caracterização é então calculado o índice de mobilidade sustentável proposto para as zonas da cidade em estudo através da aplicação da análise multicritério sendo que foram considerados três cenários de mobilidade sustentável que serão comparados com a situação atual da cidade de Tomar. Por fim, é feita uma ordenação dos cenários propostos de acordo com o valor do indicador de mobilidade sustentável obtido.

5.2 Caracterização Geral

5.2.1 Enquadramento Histórico

Antes de ser tornar cidade, Tomar foi explorada pelos Romanos durante os séculos I a V, no qual chamavam-lhe a cidade de *Sellium*. Com a invasão do Imperio Romano pelos Bárbaros, a cidade perdeu importância a nível nacional mas continuou a ser habitada. A cidade de Tomar como tal é conhecida hoje foi fundada em 1 de março de 1160 pelo D. Gualdim Pais através da construção do Castelo de Tomar e do Convento de Cristo que servia como Sede da Ordem dos Templários e de Cristo. Com o aumento da população foi necessário criarem casas na parte exterior do Castelo visto já não haver espaço suficiente dentro da muralha do Castelo. No século XIV, a administração do Infante D. Henrique ajudou no desenvolvimento urbanísticos da cidade tendo sido urbanizadas zonas como Várzea Pequena e Corredura. Além disto, grandes nomes da arquitetura e artes tornaram Tomar num importante centro artístico.

Os séculos XVII a XIX foram marcados pelo desenvolvimento industrial no qual as principais fábricas existentes produziam vidro, chapéus, fiação, tecidos e papel. Em 1844, a Rainha D. Maria II classificou oficialmente Tomar como a primeira cidade do distrito de Santarém. O desenvolvimento da cidade veio com a criação de um núcleo industrial especializado em cerâmicas, atividades agrícolas, extrações de óleos além da inauguração da Barragem Hidrelétrica do Castelo de Bode em 1951 que trouxe grandes oportunidades para a região do Médio Tejo. A intensa ação cultural que ocorreu durante o século XX foi

responsável pelo reconhecimento da importância patrimonial da cidade de Tomar, sendo que em 1983 o Castelo Templário e Convento de Cristo foram classificados como Património Mundial da UNESCO (CMT@, 2014b; TTT@, 2014).

5.2.2 Enquadramento Geográfico

A cidade de Tomar está localizada na região Centro de Portugal, na sub-região do Médio Tejo, no Distrito de Santarém e no Município de Tomar sendo atravessada pelo Rio Nabão, afluente do Rio Zêzere. O município de Tomar possui uma área de aproximadamente 352 km² dividido em onze freguesias (Figura 5.6).

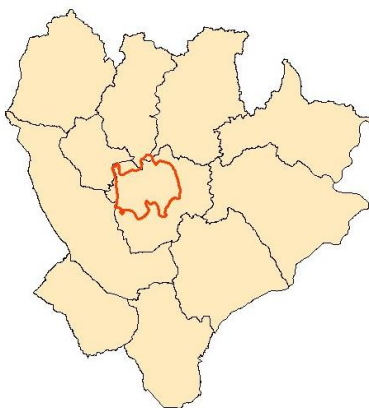


Figura 5.6 – Freguesias do município de Tomar e seu centro urbano destacado

Em termos de acessibilidade, a existência de boas acessibilidades com outras zonas do país têm um papel importante no desenvolvimento tanto regional como nacional. Desta forma, verifica-se que o município de Tomar é servido por uma rede de estradas que garante boas ligações aos municípios limítrofes e ao resto do país resultando em boas condições de acessibilidade à cidade de Tomar. O Plano Diretor Municipal de Tomar enumera as estradas pertencentes ao município, sendo o IP6, IC3, IC9, EN110 e EN113 as estradas mais importantes para a cidade de Tomar (Figura 5.7).

Em relação a rede ferroviária, a cidade de Tomar possui o Ramal de Tomar no qual faz ligação com a estação de Lamarosa garantindo os serviços inter-regional, regional e urbano, possuindo vários pontos de ligação no país. A cidade também é acessível através dos serviços de expressos que fazem ligação a vários pontos do país. Além do serviço rodoviário, o município possui um aeródromo de pequenas dimensões que é utilizado especialmente para questões de lazer.

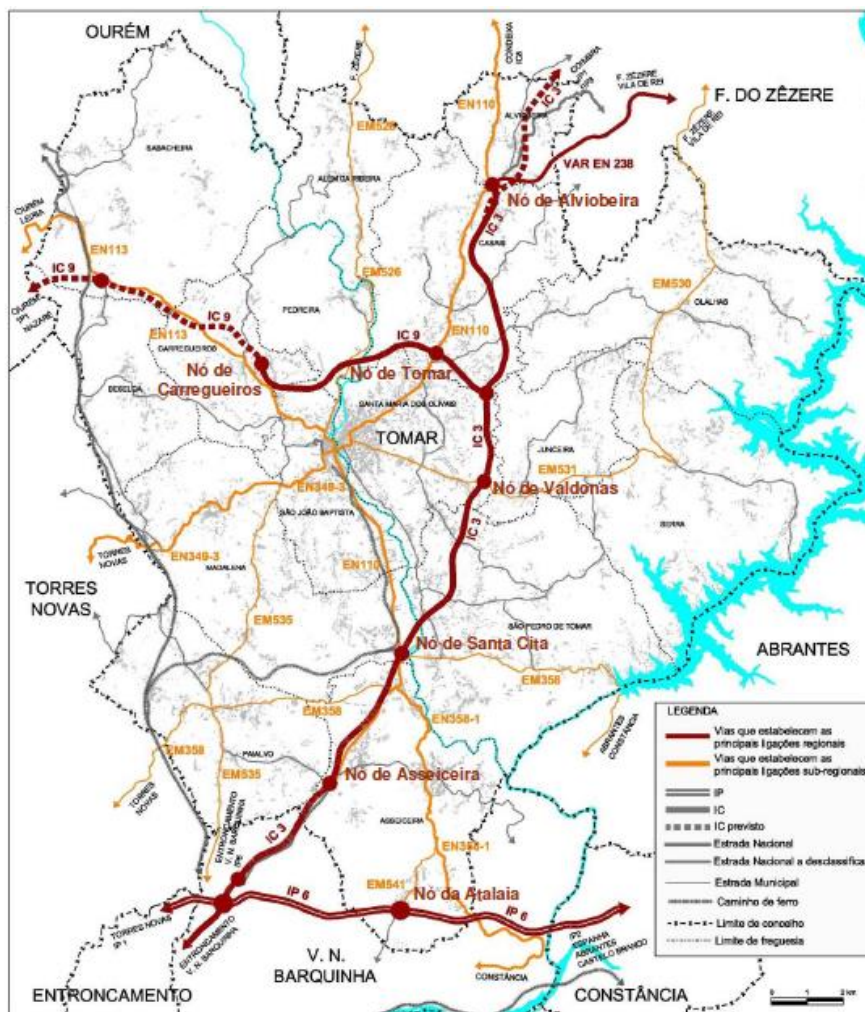


Figura 5.7 – Rede viária do município de Tomar (IST, 2008)

5.2.3 Enquadramento Socioeconómico

A análise socioeconómica da cidade de Tomar foi efetuada utilizando os dados dos Censos de 2011 disponibilizado pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) juntamente com o programa de sistema de informação geográfica ArcGIS® de forma a melhor caracterizar a cidade em termos de população, edificado, emprego, famílias e habilitações literárias dos residentes.

A delimitação do zoneamento a estudar foi obtida considerando a delimitação da zona urbana do município de Tomar presente no Plano Diretor Municipal (PDM), juntamente com as Bases Geográficas de Referência de Informação (BGRIs) utilizadas no Censos de 2011 e os núcleos urbanos existentes resultando em quatro zonas distintas que foram classificadas como Zona A, B, C e D (Figura 5.8).

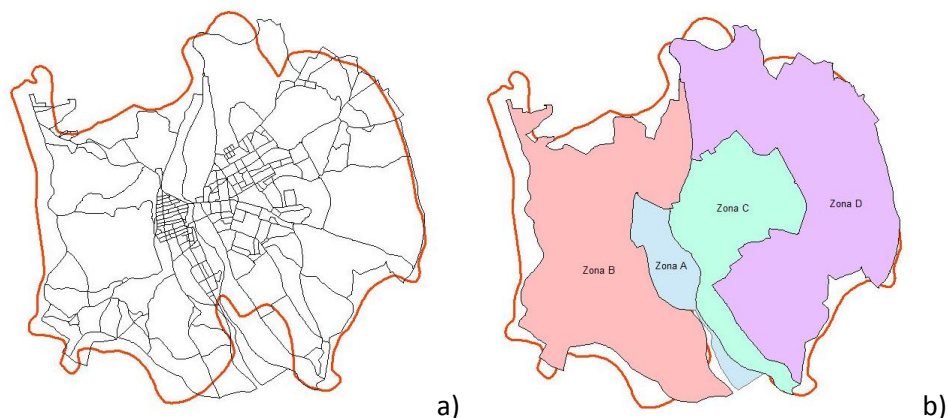


Figura 5.8 – a) Identificação das BGRI selecionadas em relação a delimitação do centro urbano; b) Identificação das zonas da área em estudo em relação a delimitação do centro urbano

A área em estudo possui uma população residente de 14644 pessoas no qual representa 36% da população total residente do município e 80% da população total residente da freguesia principal, São João Baptista e Santa Maria dos Olivais, na qual possui a maior densidade populacional do município de 5,99 habitantes/há (Figura 5.9a). A margem esquerda da cidade de Tomar possui a maior quantidade de residentes da área em estudo, tal que a Zona C possui 53% dos residentes totais possuindo a maior densidade populacional da área em estudo, de 45 residentes/ha. A Zona A representa a parte mais antiga da cidade de Tomar e apesar de conter apenas 15% da população, possui uma densidade populacional de 36,8 residentes/ha (Figura 5.9b).

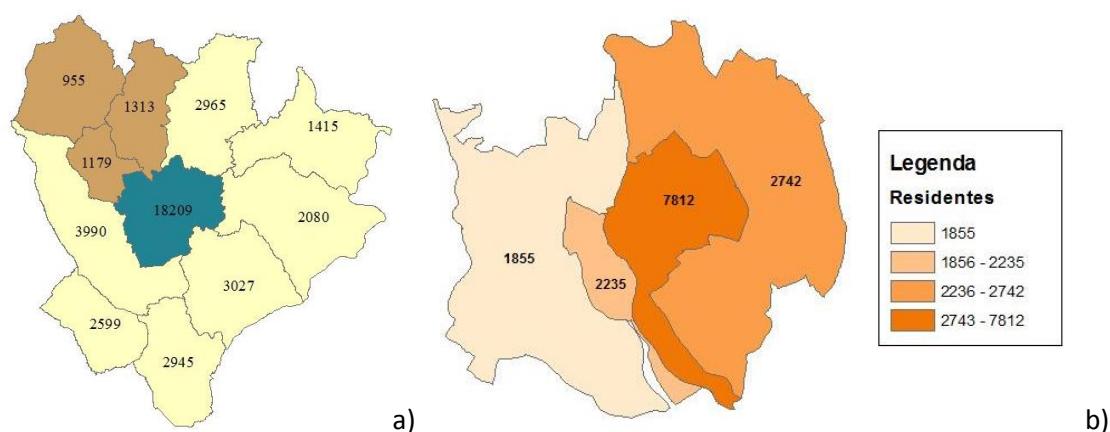


Figura 5.9 – a) Residentes totais do município de Tomar por freguesia; b) Residentes totais da área em estudo por zonas

Em relação ao género e faixa etária dos residentes, para toda a área em estudo o sexo feminino representa 54% dos residentes totais sendo que para ambos os géneros, os residentes com idade compreendida entre 20 a 64 representam 58% da população da área em estudo, sendo que as crianças (< 15 anos) representam 14% e os idosos (>64anos) representam 22%. Quanto às famílias, a Zona C possui a maior quantidade de famílias residentes representando 54% das famílias da área em estudo, sendo seguidas pela Zona D (18%), Zona A (17%) e Zona B (12%). Para todas as zonas, as famílias são constituídas essencialmente por 1 ou 2 pessoas, 61% das famílias totais, sendo que 34% das famílias são constituídas por 2 ou 4 pessoas. Em média, 26% das famílias da área em estudo possuem crianças (idade < 15anos) na família e 40% possuem idosos (idade > 64 anos) na sua constituição. A zona A é a que possui uma maior quantidade de idosos nas famílias enquanto a Zona D possui a maior quantidade de famílias com crianças na sua constituição (Anexo C).

A percentagem de analfabetos na área em estudo é de 3% em relação aos residentes totais sendo que 50% dos estudantes estão a frequentar o Ensino Básico e 27% a frequentar o Ensino Superior. A Zona C é a que possui a maior quantidade de estudantes a frequentar todos os níveis de educação, sendo que 60% dos residentes a frequentar o Ensino Superior preferem morar nesta zona (Figura 5.10). A Zona C também apresenta a maior quantidade de residentes com o Ensino Superior completo (62%) sendo que 17% dos residentes totais da área em estudo possuem este nível de qualificação. O Ensino Básico é o nível máximo que 50% dos residentes possui sendo que 16% possuem o Ensino Secundário completo. Dos estudantes da área em estudo, 93% estudam no município de Tomar sendo proveniente predominantemente da Zona C enquanto 7% estudam fora e residem no município de Tomar.

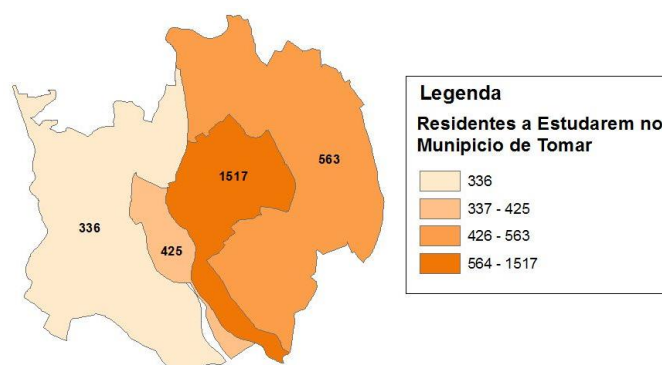


Figura 5.10 – Residentes a estudarem no município de Tomar por zonas

Em relação ao setor económico, o setor terciário é o mais predominante em toda a área em estudo sendo que a área em estudo possui uma taxa média de desemprego de 9,7% e 67% da população ativa empregada. A Zona B é a mais afetada pelo desemprego visto que 11% da população ativa desta zona encontra-se desempregada. Os residentes que trabalham no município de Tomar representam 77% dos empregados e estão localizados essencialmente na

Zona C enquanto a Zona A representa 11% dos empregados. Os reformados e pensionista representam em média 26% dos residentes totais da área em estudo (Figura 5.11).

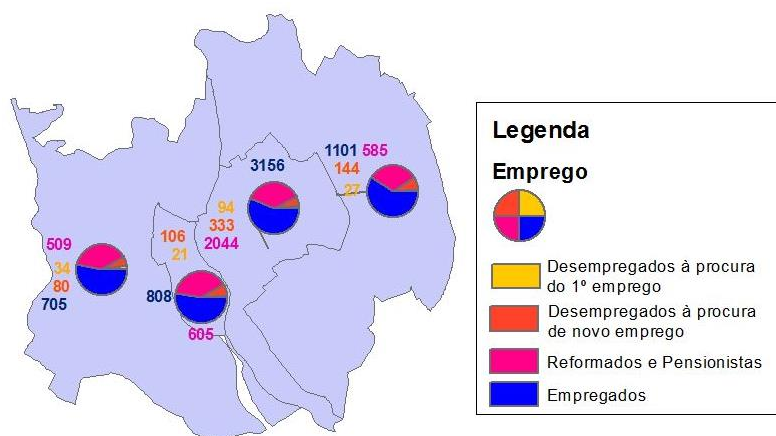


Figura 5.11 – Emprego por zonas

Considerando o edificado, observa-se que a Zona C e a Zona D possuem a maior quantidade de edifícios da área em estudo sendo maioritariamente de utilização exclusivamente residencial, apesar da Zona C possuir uma grande quantidade de edifícios principalmente não residenciais. Os edifícios da Zona A são maioritariamente de utilização principalmente não residencial, no qual representa 54% dos edifícios totais desta zona (Figura 5.12). No geral, os edifícios possuem 1 ou 2 pisos nesta zona sendo que a Zona A e C possuem 37% e 38%, respectivamente, de edifícios com 3 ou 4 pisos. Os edifícios com 5 ou mais pisos possuem uma presença maior na Zona C no qual representa 16% dos edifícios. Em termos de alojamentos, a distribuição é relativa a dos edifícios sendo alojamentos predominantemente familiares (Anexo C).

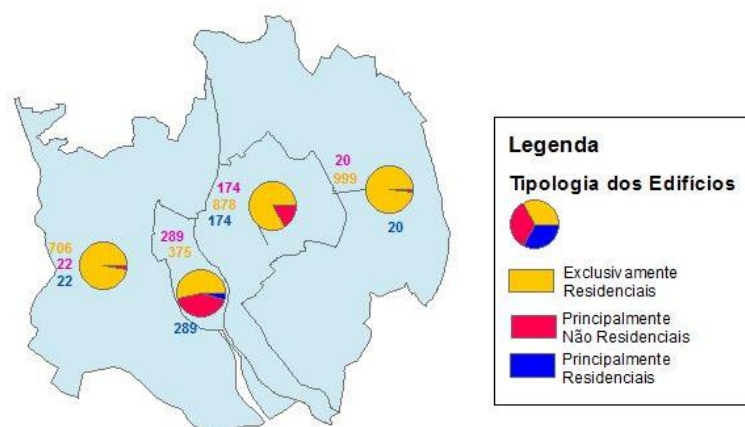


Figura 5.12 – Tipologia dos edifícios clássicos existentes por zonas

5.3 Caracterização da Mobilidade da Cidade de Tomar

Os estudos mais recentes realizados sobre a mobilidade da cidade de Tomar refletem a vontade da Câmara Municipal de Tomar em melhorar as condições existentes e a realização do Plano de Mobilidade Sustentável da cidade encontra-se como a fase inicial de todo processo. O estudo da mobilidade da cidade de Tomar (TIS, 2004) apresenta uma caracterização completa da mobilidade da cidade de Tomar através da análise da oferta e procura do transporte individual, transporte coletivo e da rede de estacionamento através da realização de inquéritos à população e visitantes. Um resultado proveniente deste relatório consiste na proposta de criação do serviço de transporte urbano coletivo atualmente em vigor. O estudo efetuado pelas autoras Inês Frade e Anabela Ribeiro (Frade e Ribeiro, 2014b) veio complementar a caracterização da mobilidade da cidade de Tomar visto analisar a mobilidade ciclável, considerando a oferta e procura expectável, além de delimitar as zonas prioritárias de intervenção e propor um mapa rede ciclável para a cidade.

A seguir é feita uma caracterização sumária da mobilidade atual da cidade de Tomar considerando a rede de transporte individual, rede de transporte coletivo, rede ciclável, rede pedonal e oferta de estacionamento.

5.3.1 Rede de Transporte Individual

Apesar da dificuldade expressada no relatório de revisão do PDM de Tomar (IST, 2008) acerca da determinação da hierarquização viária do município, devido situações de não conformidade dos perfis transversais utilizados com a utilização de determinadas vias, o estudo de mobilidade (TIS, 2004) apresenta uma hierarquização simplificada do centro da cidade de Tomar que serve como base para identificação do funcionamento da rede viária da cidade (Figura 5.13). Desta forma, verifica-se que as vias principais que fazem parte da rede primária são a via da Ponte Nova, EN110 (Avenida D. Nuno Alvares Pereira e Rua de Coimbra) e Estrada da Serra sendo que a rede distribuidora contém a Rua Everard, Avenida Dr. Cândido Madureira, Rua de Santa Iria, entre outras (Figura 5.14).

O relatório de mobilidade ciclável realizado por Anabela Ribeiro, Inês Frade e Gonçalo Almeida (Ribeiro et al., 2014) apresenta uma breve caracterização da rede viária no qual indicam que as ruas pertencentes ao centro histórico, em geral, são de uso partilhado e com sentido único sendo que em algumas ruas o pedestre possui maior prioridade e o acesso por parte dos automóveis é interdito, sendo assim caracterizadas por ruas de acesso local. As ruas distribuidoras locais que fazem parte da rede secundária possuem um perfil transversal mais largo do que o adotado nas ruas do centro histórico sendo que normalmente possuem duas faixas em sentidos contrários, existindo uma segregação de usos. As vias estruturantes que fazem parte da rede primária possuem perfis transversais mais largos em que chegam a ter duas vias por cada sentido e segregação total de uso

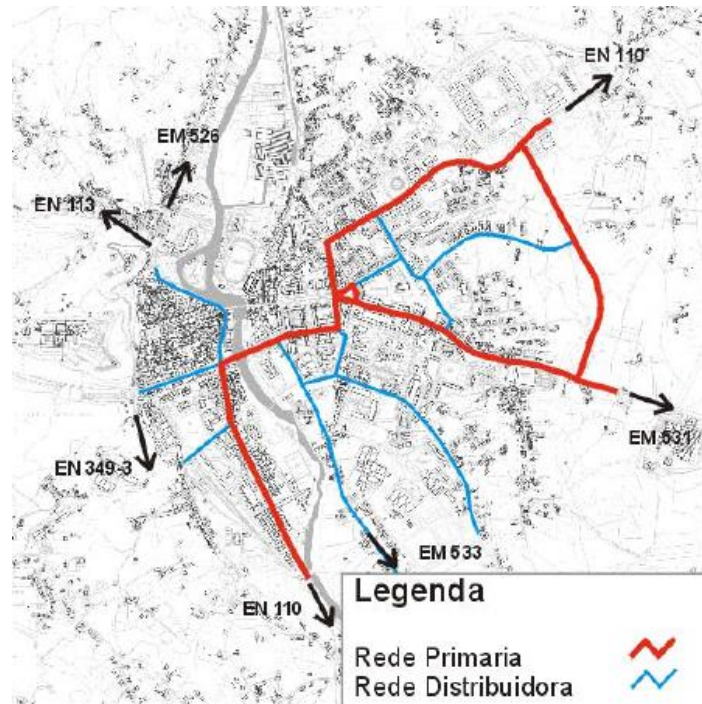


Figura 5.13 – Hierarquização da rede viária (TIS, 2004)

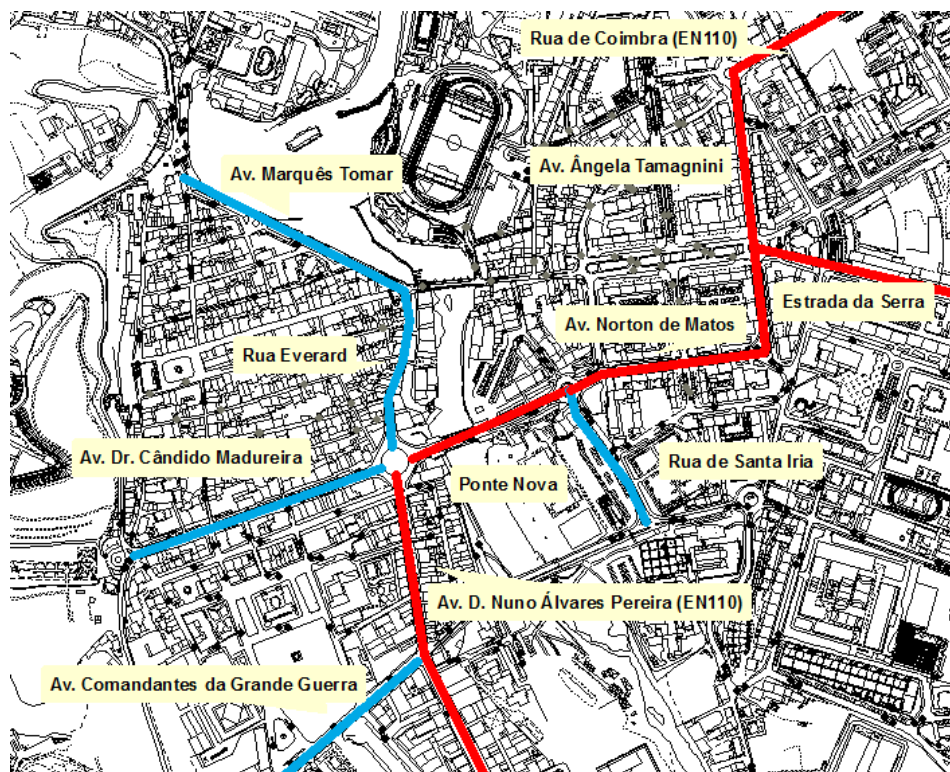


Figura 5.14 – Indicação do nome das ruas principais

De acordo com o estudo de mobilidade de Tomar (TIS, 2004) foi identificado que as vias mais solicitadas nos horários de pontas estudados (manhã e tarde) são as vias da rede primária, Ponte Nova seguida das vias da EN110. Foi determinado que as vias com maiores índices de saturação são as da Ponte Nova, Avenida Marquês de Tomar, Rua Everard e Rua Dr. Sousa sendo que, no geral, a rede viária da cidade de Tomar não apresenta situação de congestionamento, com exceção a Ponte Nova, Avenida Marquês de Tomar, Rua Everard.

O levantamento realizado no relatório de revisão do PDM (IST, 2008) em relação às condições da rede viária do município de Tomar concluiu que, em média, 74% das vias da freguesia principal (São João Baptista e Santa Maria dos Olivais) apresentam um bom estado de conservação, sendo que cerca de 11% apresentavam um mau estado. Também foi analisado a presença de marcação rodoviária, tanto horizontal como vertical, e verificou-se que somente 40% das vias analisadas que possuíam marcação rodoviária sendo que este valor é pouco superior a média do município (35%). Desta forma, ficou previsto a necessidade de intervenções na rede viária através da reabilitação e reparação das vias existentes, além de construção de novas vias.

5.3.2 Rede de Transporte Coletivo

A cidade de Tomar possui o sistema de transporte coletivo, conhecido como Transportes Urbano de Tomar (TUT), desde 2005 e desde então oferece transporte para os residentes e visitantes a todos os equipamentos da cidade. Diariamente o serviço transporta cerca de 500 passageiros, possuindo uma frota de automóveis adaptados para pessoas com mobilidade reduzida. Disponibilizam dois percursos (Linha Azul e Linha Verde) de forma a satisfazer a procurar de toda a cidade de Tomar. A Linha Azul possui uma frequência de cerca de 20min nos dias de semana e 40min nos fins de semana, facilitando a deslocação entre as Zonas A,C e D. A enquanto a Linha Verde é um percurso complementar que possui uma frequência de 45min e garante a deslocação para todas as zonas da cidade de Tomar. Em relação às tarifas cobradas, o preço do bilhete comprado no motorista é de 1€ enquanto o bilhete diário custa 2,80€ e o passe mensal normal custa 18,50€ (CMT@, 2014d). Em termos de constituição da rede de transporte coletivo, o TUT possuem 65 paragens distribuídas ao longo do centro urbano sendo que 32% destas paragens são abrigadas e 68% possuem um poste indicativo (Figura 5.15).

Em relação a rede ferroviária, o Ramal de Tomar faz parte da rede complementar da rede ferroviária portuguesa, fazendo parte da Linha do Norte através da ligação com a estação de Lamarosa de forma a interligar aos restantes pontos do país. Existe um terminal intermodal que acolhe a estação de Tomar e a estação de autocarros da Rede Nacional de Expressos, Rodoviária do Tejo e Rodoviária da Beira Interior que garantem as ligações a nível nacional à cidade de Tomar. De acordo com o inquérito realizado para a revisão do PDM de Tomar (TIS, 2004) é revelado que 25% dos visitantes da cidade de Tomar escolhem o comboio como modo de transporte e 63% escolhem o transporte coletivo rodoviário.

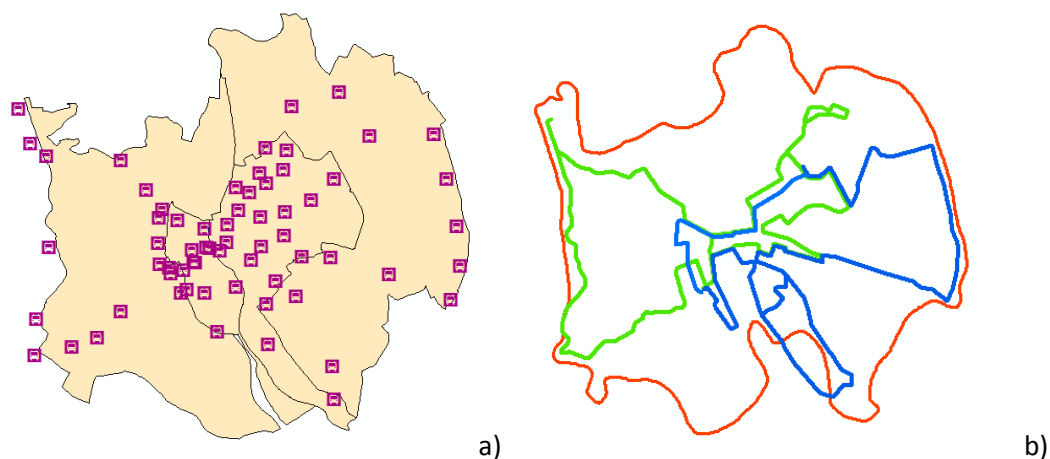


Figura 5.15 – a) Paragens do TUT em relação às zonas estudadas; b) Ilustração dos percursos do TUT em relação ao limite urbano.

5.3.3 Rede Ciclável

O estudo de mobilidade realizado (TIS, 2004) indica que 52% das viagens realizadas na cidade de Tomar possuem uma duração inferior a 15min, sendo necessário aproveitar para incentivar a utilização do modo ciclável neste tipo de viagens. Além disto, as autoras Inês Frade e Anabela Ribeiro (Frade e Ribeiro, 2014b) recordam que a orografia da cidade de Tomar é propícia para este tipo de transporte visto possuir poucas ruas com inclinação elevada, o que pode tornar a viagem desconfortável e desmotivante para muitos utilizadores.

A cidade de Tomar foi alvo de intervenções do Programa Polis durante o período 2002-2009 e dentre os vários objetivos pretendidos por esta iniciativa destaca-se a necessidade de aumentar as áreas pedonais e clicáveis de cidades de pequena a média dimensão sendo que em Tomar verificou-se através esta aplicação através da construção de ciclovias previstas no Plano de Pormenor do Parque Desportivo ao Açude de Pedra e no Plano de Pormenor do Flecheiro e Mercado (Figura 5.16). Estas ciclovias encontram-se próximo ao rio Nabão e servem de apoio aos equipamentos de lazer das proximidades.

O estudo efetuado por Inês Frade e Anabela Ribeiro (Frade e Ribeiro, 2014b) acerca da mobilidade ciclável na cidade de Tomar resultou na definição de uma rede prioritária de intervenção (Figura 5.17) de acordo com os objetivos de promoção da mobilidade sustentável proposto no relatório TOMAR 2015 (CEDRU, 2008) e com a procura esperada dos equipamentos da área de intervenção estudada. Este estudo estabelece que os eixos prioritários de intervenção são a Alameda 1 de Março, a Rua Marquês de Pombal, Ponte Velha, Rua Serpa Pinto, Rua da Infantaria Quinze, Avenida Cândido Madureira e Rua Everard, garantindo a ligação ao Convento de Cristo e ao Instituto Politécnico.



Figura 5.16 – a) Ciclovía do Estádio; b) Detalhe do atravessamento do Rio Nabão pela ciclovía do Flecheiro. Fonte: Google Street View (Imagens de Agosto de 2009; Retiradas a 15/01/2015)

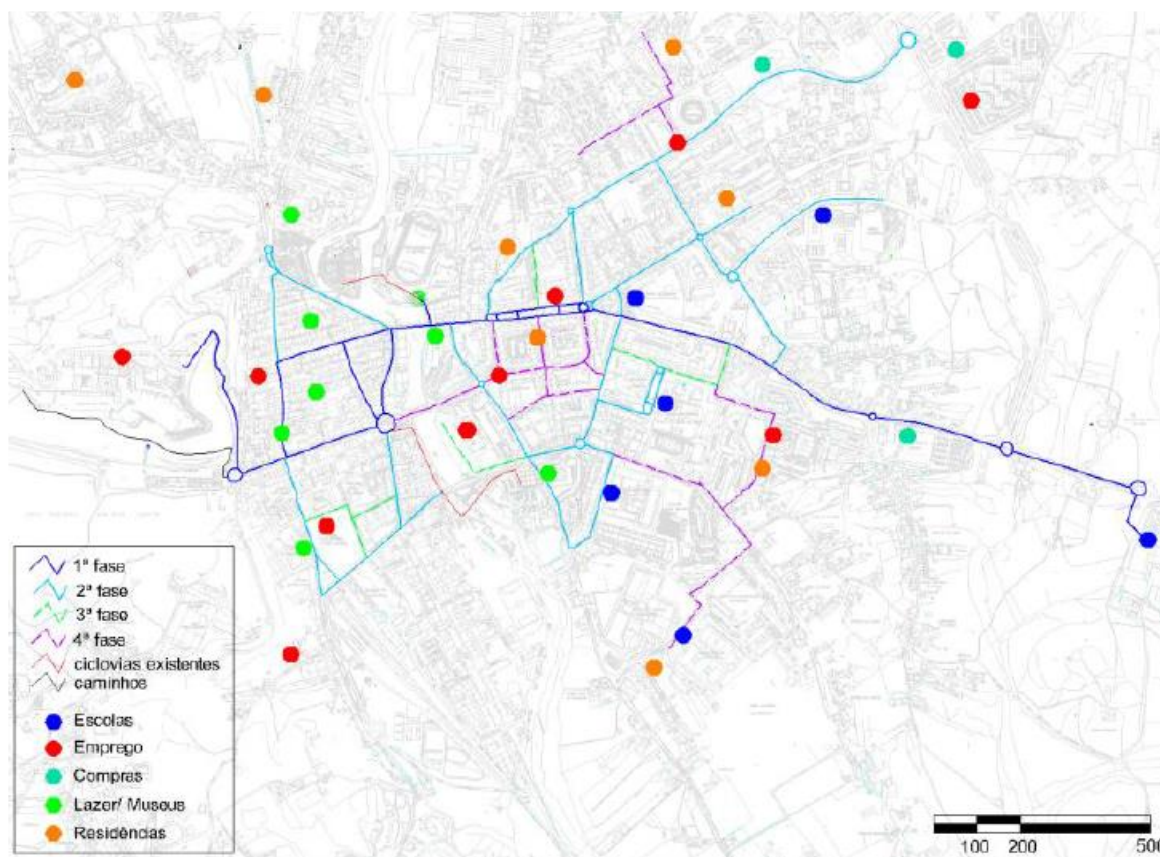


Figura 5.17 – Rede de ciclável proposta por (Frade e Ribeiro, 2014b)

5.3.4 Rede Pedonal

O relatório de revisão do PDM (IST, 2008) revela que a inexistência de passeios em grande parte dos aglomerados urbanos do município de Tomar é um ponto fraco em relação às acessibilidades do município contudo o centro urbano possui uma rede pedonal que destaca-se na garantia de conforto e segurança ao pedestre através da construção de passadeiras sobre-elevadas em algumas zonas da cidade. Além disto, a cidade possui uma ponte pedonal que atravessa o Rio Nabão que tem uso partilhado com a ciclovia do Flecheiro.

5.3.5 Estacionamento

O estudo de mobilidade realizado na cidade (TIS, 2004) indica a oferta de 6467 lugares de estacionamento para zona central da cidade de Tomar sendo que 46% destes lugares localizam-se na Zona A considerada neste trabalho enquanto 48% localizava-se na Zona B. O estudo revela que para Zona A existe maioritariamente um défice na procura do estacionamento no período da manhã e tarde enquanto no período noturno este défice diminui. A Zona B possui áreas de pouca oferta de estacionamento para a procura causada pelos equipamentos escolares, de saúde e outras tipologias.

Atualmente, a Câmara Municipal de Tomar é responsável pela manutenção de 19 parques de estacionamento localizados ao redor da cidade sendo que 2 destes parques são cobertos e estão localizados no Estádio Municipal e próximo à Praça da República. Estes parques de estacionamento são tarifados mas existem vários lugares de estacionamento gratuitos localizados em vários pontos da cidade (Figura 5.18).

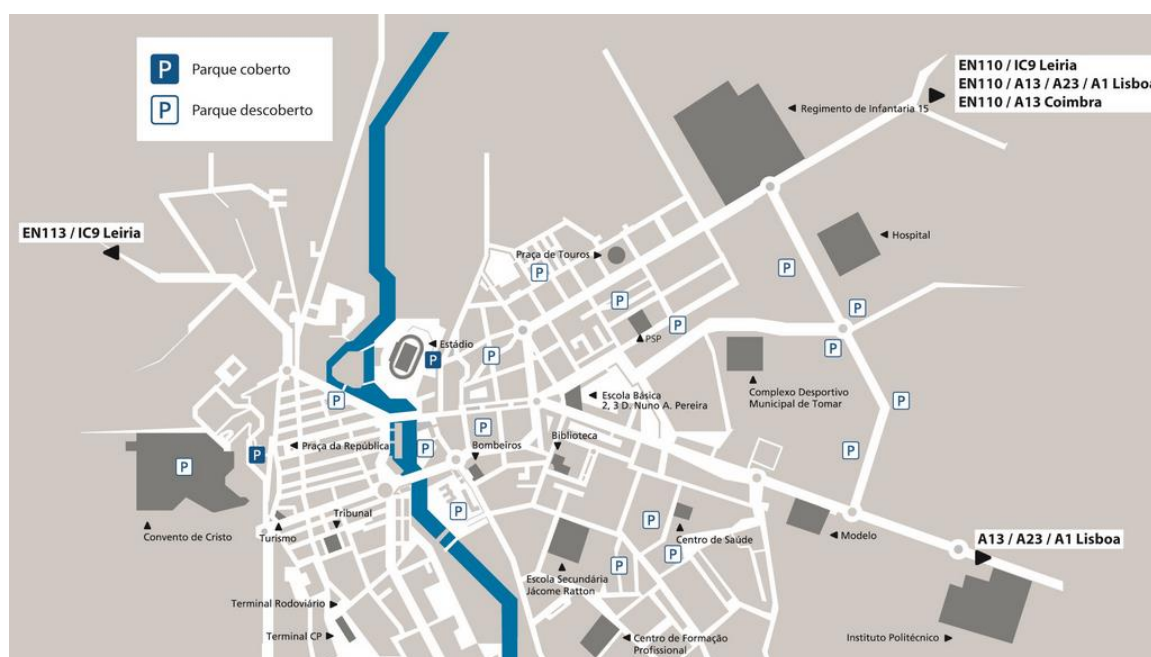


Figura 5.18 – Localização dos parques de estacionamento tarifados (CMT@, 2014c)

5.4 Cálculo do Índice de Mobilidade Sustentável da Cidade de Tomar

5.4.1 Metodologia de Cálculo

A obtenção do índice português de mobilidade sustentável, aqui proposto, para a cidade de Tomar consiste na aplicação da metodologia indicada no capítulo anterior sendo necessário determinar os valores dos indicadores e identificar os cenários de comparação para posteriormente aplicar a análise multicritério na determinação deste índice. É importante referir que o cálculo dos indicadores para a cidade de Tomar foi efetuado com base nas informações disponíveis em estudos realizados e informação disponível na Internet visto não existir muita informação contudo estes dados representam a realidade da cidade de Tomar e podem ser utilizados para verificar a mobilidade sustentável da cidade.

5.4.2 Cálculo dos Indicadores

Para analisar a mobilidade sustentável da cidade de Tomar foi necessário calcular os valores dos indicadores propostos anteriormente para as quatro zonas consideradas anteriormente. Desta forma, é apresentado e justificado a seguir todos os valores obtidos.

- Emissões de CO₂

As emissões de CO₂ no ano de 2009 provocada pelos transportes, considerando o sector rodoviário e ferroviário, foram de 232,6 ton/km² como indicado no relatório de emissões de poluentes atmosféricos (APA, 2011). O método de distribuição espacial destas emissões foi obtido considerando a população existente no concelho e freguesias sendo que para o transporte rodoviário foi juntamente considerado o tráfego médio das autoestradas que atravessam o concelho. Desta forma, optou-se por considerar que a emissão de CO₂ provocadas pelos transportes das zonas em estudo é igual ao valor para o concelho visto que a cidade de Tomar é a área com maior densidade populacional e é a fonte principal de atração e geração de viagens do concelho.

- Acidentes rodoviários relacionados com pedestres e ciclistas

No relatório de acidentes ocorridos no distrito de Santarém durante o ano de 2013 elaborado pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) (ANSR, 2014) verifica-se que durante este período o município de Tomar teve a ocorrência de 128 acidentes com vítimas, o que corresponde a 8,7% dos acidentes ocorridos neste distrito, não existindo informação acerca de acidentes com ciclistas. Contudo existe informação de um atropelamento de peão na estrada EM533. Esta é a única ocorrência indicada neste relatório e como não é indicado o troço que ocorreu o acidente considera-se que o mesmo ocorreu na Zona C em estudo visto esta estrada fazer parte desta zona.

- Influência do custo de utilização do transporte coletivo público em relação ao rendimento

Este indicador é obtido através da divisão do custo associado ao transporte coletivo público pelo ganho médio mensal dos trabalhadores do município de Tomar. De acordo com os dados do INE (PORDATA@, 2014) para 2012, um trabalhador do município de Tomar ganha em média 909,8€ por mês sendo que o custo máximo associado a utilização do serviço de TUT é relativo ao passe mensal de 18,50€ (CMT@, 2014d). Conclui-se então que a influência da utilização do transporte coletivo público na cidade de Tomar é de 2% em relação ao rendimento mensal dos trabalhadores.

- Influência do custo de utilização do transporte individual em relação ao rendimento

Este indicador foi obtido através da consideração do custo mensal aproximado de utilização do transporte individual por pessoa em relação ao ganho médio mensal de um trabalhador por do município de Tomar. O valor do ganho médio mensal é o mesmo que considerado no cálculo do indicador anterior (909,8€).

O valor aproximado do custo mensal de utilização do transporte individual foi obtido considerando o valor aproximado da distância percorrida por dia de uma pessoa considerando a matriz origem/destino (Figura 5.19) obtida através de inquéritos no estudo de mobilidade da cidade de Tomar (TIS, 2004). Depois de efetuada a conversão para as zonas consideradas neste estudo e considerando os dados obtidos de que 58,3% das viagens são feitas utilizando o automóvel ligeiro, obtêm-se o número de viagens diárias com origem em cada zona estudada

O/D	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Total
A	208	193	43	137	347	298	367	104	122	42	140	44	26	130	31	2.232
B	86		16	151	144	41	175	200	110	22	94	64	61	169	145	1.478
C	11	17	16	116	67	33	23	17	51		14	40			38	441
D	159	105	104	88	75	98	161	171	80			40	60	35	52	1.227
E	269	231	109	123	141	236	203	172	182		43		29	123	58	1.918
F	256	74	33	29	193	171	82	268	120		75	228		65	55	1.648
G	343	221	39	161	184	79	81	13	60	39	21	44	26	371	62	1.745
H	152	95	22	85	103	170			121	181	13	39	49	12	141	1.218
I	54	77	29	80	99	96	60	48	93			205		175		1.017
J	19	55	16	88	88		51	13		84		46		84	58	601
K	42	54	5	21	21	5		5				24				177
L	116	94	14		43	42	21	74	35		50	17				505
M	63	276		99	70	111	66	61	193	17	25	37	40	54		1.110
N	48	83			11	13	13	65	33		11		304		22	605
O	153	155	9	87	123		408	166	148	49		54		62	87	1.500
P	48	107	38	147	110	44	84	35	57		35			67		772
Total	2.027	1.834	494	1.410	1.818	1.436	1.794	1.531	1.465	265	546	892	558	1.479	642	18.192

Figura 5.19 – Matriz origem/destino das viagens com origem e destino na área de intervenção do estudo efetuado em (TIS, 2004)

Com os dados obtidos em relação às percentagens das viagens de transporte individual de acordo com a duração da viagem e considerando que a velocidade média do automóvel durante o percurso é de 50 km/h obteve-se a distância média percorrida por viagem de acordo com a duração da viagem. Desta forma foi possível determinar a distância média diária percorrida em cada zona estudada por todas as pessoas entrevistadas. Para obter o valor da distância percorrida por cada pessoa foi considerado a quantidade da população móvel com viagens motorizadas em cada zona e para obter o valor da distância média percorrida mensalmente (DP) foi considerado 20 dias úteis de utilização do automóvel.

O valor do custo do transporte individual por distância percorrida (CT) foi obtido através dos valores aproximados apresentados no *website* da Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor (DECO@, 2014) para um automóvel cidadão, sendo que o valor máximo do custo apresentado é de 0,45€/km e o valor mínimo de 0,18€/km. Desta forma, considerou-se um valor de 0,30€/km. É de notar que este custo tem em consideração os custos diretos e indiretos de utilização, manutenção e uso do automóvel. Por fim, para obter o custo mensal de utilização do automóvel por pessoa basta multiplicar o valor do custo do transporte individual por distância percorrida (CT) pela distância média percorrida mensalmente por pessoa (DP). Desta forma, a influência de utilização do transporte individual em relação ao ganho mensal de cada trabalhador na cidade de Tomar é apresentada na Figura 5.20.

O/D	A	B	C	D	O/D	A	B	C	D	Σ
A	487	533	2196	494	A	284	311	1280	288	2163
B	563	368	1291	278	B	328	215	753	162	1458
C	2036	828	4307	1603	C	1187	483	2511	935	5115
D	778	220	1667	551	a) D	454	128	972	321	1875
					b)					

Quadro 5.8 – a) Matriz equivalente das viagens de todos os modos de transporte; b) matriz equivalente das viagens de automóvel ligeiro. Adaptadas de (TIS, 2004).

Duração	$V_{\text{média}}$ [km/h]	Distância Mínima Percorrida [Km]	Distância Máxima Percorrida [Km]	Distância Média Percorrida [Km]	% Utilização do Automóvel
<10min		-	8,3	8,3	45%
11min - 15min		9,2	12,5	10,8	22%
16min - 20min	50	13,3	16,7	15,0	10%
21min - 30min		17,5	25	21,3	10%
31min - 60min		25,8	50	37,9	7%
>61min		50,8	-	50,8	5%

Quadro 5.9 – Determinação da distância percorrida em função da duração da viagem

	Distância Média Diária Percorrida [Km]	População Móvel com Viagens Motorizadas	Distância Média Diária Percorrida por Pessoa [Km]	Distância Média Mensal Percorrida por Pessoa [Km]	Custo do Transporte Individual / Km [€]	Custo Mensal do Transporte Individual por Pessoa [€]
Zona A	32345	975	33	663	0,30	199,05
Zona B	21796	1276	17	342		102,49
Zona C	76494	3791	20	404		121,07
Zona D	28038	759	37	739		221,6

Quadro 5.10 – Determinação do custo mensal de utilização do automóvel utilizando a distância média percorrida mensalmente por uma pessoa

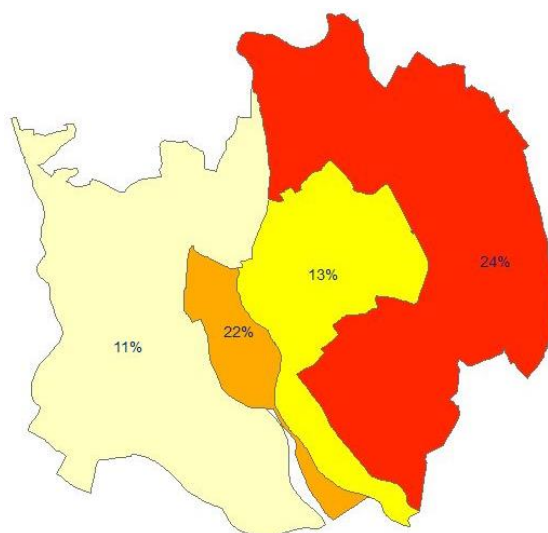


Figura 5.20 – Influência da utilização do transporte individual no rendimento do trabalhador da cidade de Tomar por zona de estudo.

- Existência de um plano de mobilidade sustentável

O município de Tomar não possui, de momento, um Plano de Mobilidade Sustentável mas conta com estudos de mobilidade sustentável realizados pela empresa de consultoria TIS e pelas autoras Anabela Ribeiro e Inês Frade (Frade e Ribeiro, 2014b; TIS, 2004), que foram abordados anteriormente. Verifica-se que existe uma preocupação das autoridades locais em melhorar a qualidade de vida urbana dos residentes e visitantes através do desenvolvimento de projetos relacionados com o aumento da oferta do transporte coletivo público, promoção do modo ciclável e pedonal mas não é expresso claramente a intenção de criação do Plano de Mobilidade Sustentável pelo município

- Taxa de motorização

Este indicador foi obtido utilizando os dados do estudo de mobilidade (TIS, 2004) no qual foi calculado de acordo com as zonas equivalentes (Figura 5.21).

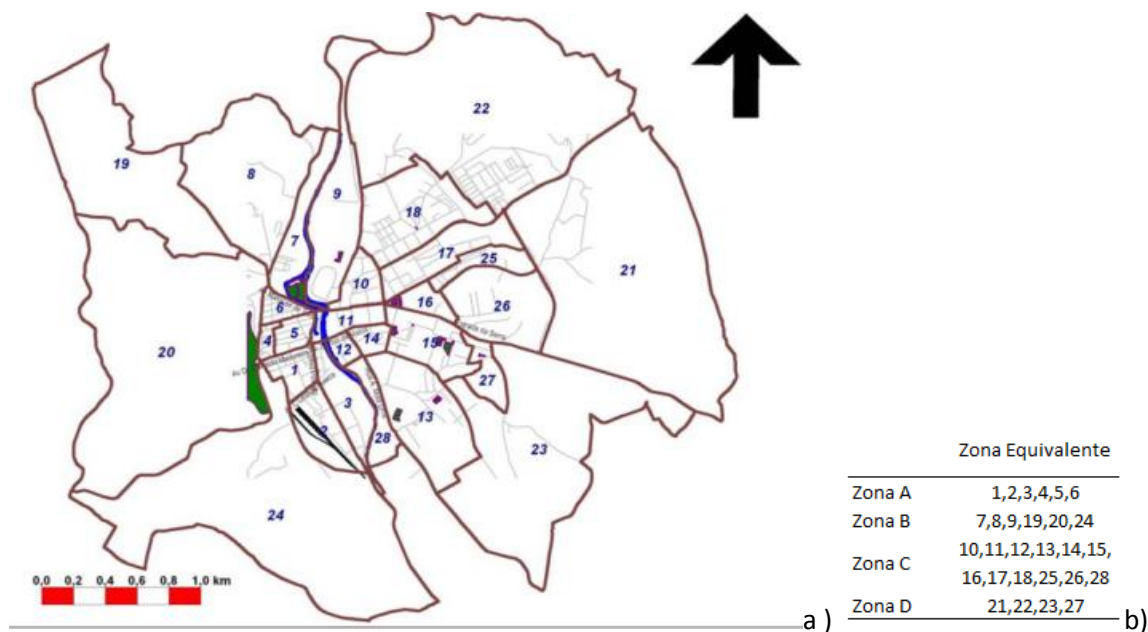


Figura 5.21 – a) Zoneamento utilizado no estudo (TIS, 2004); b) Zonas equivalentes

Verifica-se que a taxa de motorização média da cidade de tomar é de 0,98 automóveis/agregado sendo que a Zona C é a que possui o maior valor desta taxa enquanto a Zona A possui a menor taxa (Quadro 5.11). De acordo com as Estatísticas do Transporte (INE, 2012), a taxa de motorização para Portugal em 2011 foi de 443 veículos ligeiros por cada 1000 habitantes enquanto que a cidade de Tomar em 2004 possui 982 veículos ligeiros por cada 1000 habitantes, o que revela uma maior dependência do automóvel ligeiro que a média nacional. Esta situação é característica de cidades de pequenas e média dimensão visto que utilizam muito o transporte individual nas deslocação pendulares.

	Automóveis	Agregados	Taxa de Motorização [automóveis/agregado]
Zona A	63	81	0,78
Zona B	79	84	0,94
Zona C	335	323	1,04
Zona D	65	64	1,02

Quadro 5.11 – Determinação da taxa de motorização de acordo com as zonas equivalentes de (TIS, 2004)

- Comprimento da rede ciclável

Como indicado anteriormente, a cidade de Tomar possui duas ciclovias que estão localizadas na Zona A do centro urbano como é indicado na figura a seguir. Desta forma, obteve-se o valor do comprimento da rede ciclável utilizando o programa ArcGIS® no qual resultou num valor de 720m de comprimento (Figura 5.22).

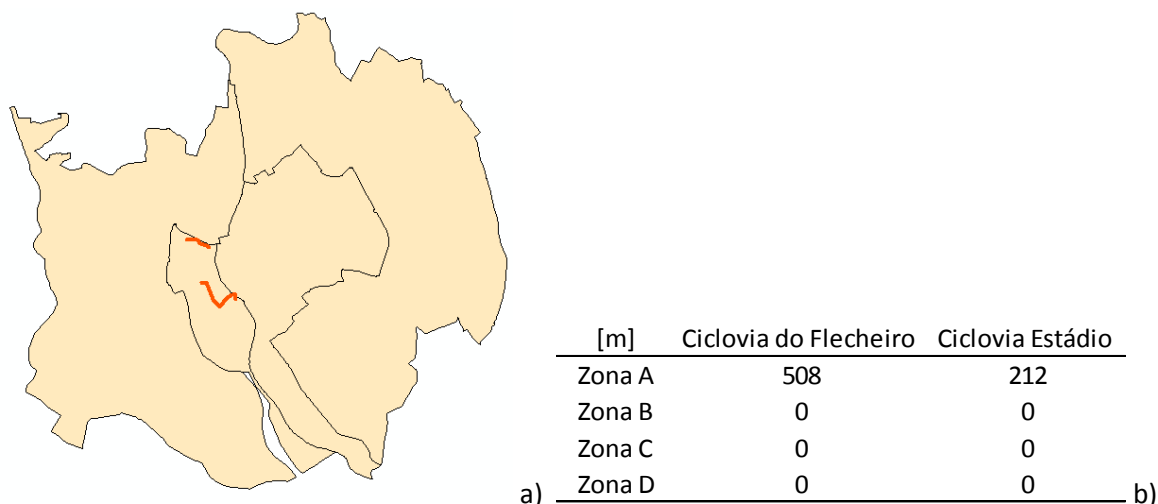


Figura 5.22 – a) Localização das ciclovias existentes de acordo com o zoneamento estudado;
b) Comprimento das ciclovias

- Existência de sistema de partilha de bicicletas

Como indicado anteriormente, a cidade de Tomar possuiu um sistema de partilha de bicicletas que encontra-se em fase inicial e possui um funcionamento arcaico quando comparado com os sistemas de *bike sharing* de países europeus como França, Inglaterra ou Holanda. Este sistema funciona essencialmente para fins de lazer e não se encontra completamente organizado visto não incentivar a utilização do modo ciclável para as viagens casa-trabalho, além de não dispor de uma rede de apoio em termos de estacionamentos e equipamentos auxiliares. Por este motivo, não considera que a cidade de Tomar possua um sistema de partilha de bicicletas.

- Frequência dos serviços de transporte coletivo público

O percurso da Linha Verde do Transportes Urbano de Tomar fornece apoio a todas as zonas da cidade de Tomar enquanto o percurso da Linha Azul só suporta as Zonas A, C e D. De acordo com a Câmara Municipal de Tomar (CMT@, 2014d), a Linha Azul possuiu uma frequência de 20min durante a semana e 40min aos fins de semana enquanto a Linha Verde possui uma frequência de 45min todos os dias da semana. Desta forma, para as Zonas A, C e D considerou-se que a frequência dos serviços é de 20min enquanto na Zona B a frequência é de 45min.

- Distância média entre paragens do transporte coletivo público

O serviço de Transportes Urbanos de Tomar possui 65 paragens espalhadas ao longo do centro urbano sendo que 12 paragens estão localizadas na Zona A, 18 paragens na Zona B, 22 paragens na Zona C e 13 paragens na Zona D. A distância média entre as paragens de cada zona foi obtida utilizando a ferramenta “*Average Nearest Neighbor*” do programa ArcGIS® na qual não foi considerada a distância percorrida na rede viária. Desta forma, a Figura 5.23 indica a distância média entre paragens resultante de cada zona.

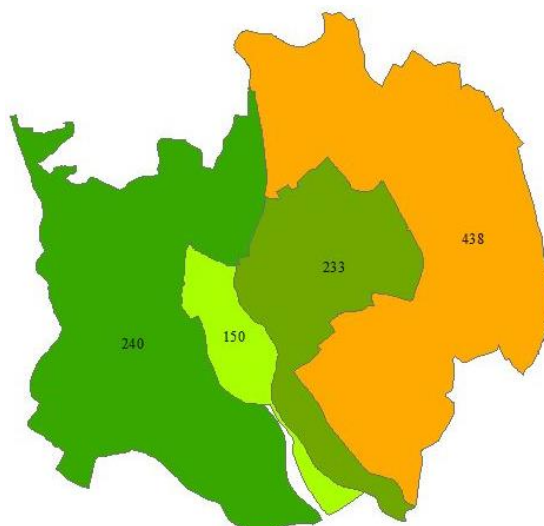


Figura 5.23 – Distância média entre paragens do TUT por zona (metros)

- Veículos do transporte público coletivo adequados para pessoas com mobilidade reduzida

De acordo com a Câmara Municipal de Tomar (CMT@, 2014d), os veículos utilizados no TUT são adaptados para pessoas com mobilidade reduzida. Desta forma, apesar de não indicarem a quantidade dos mesmos é considerado que todos os automóveis possuem as mesmas características.

- Existência de terminal intermodal

A cidade de Tomar possui um terminal intermodal que interliga os serviços ferroviários e rodoviário que já foram indicados anteriormente. Esta estação localiza-se na Zona A considerada neste estudo.

- Postos de carregamento de veículos elétricos

A cidade de Tomar não possui nenhum posto de carregamento de veículos elétricos disponível à população sendo que os postos mais próximos localizam-se a uma distância superior a 10km, como por exemplo nas cidades de Santarém, Leiria e Castelo Branco (Figura 5.24).

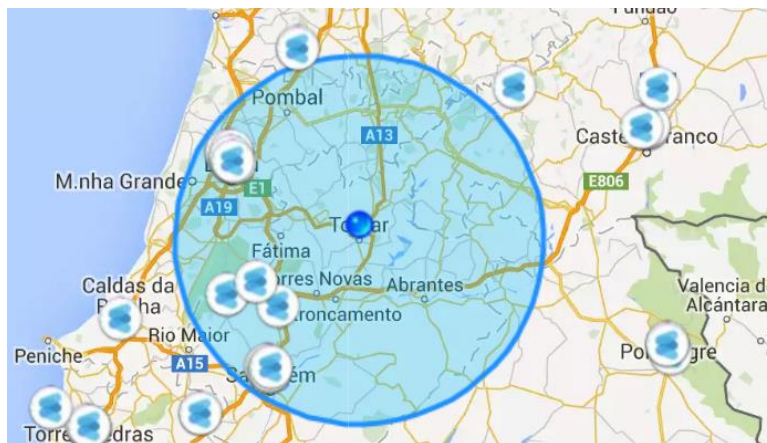


Figura 5.24 – Localização dos postos de carregamento de veículos elétricos (MOBI.E@, 2014)

Os indicadores correspondentes a taxa de ocupação dos veículos, quantidade de zonas de estacionamento de bicicletas e arruamentos com passeios em boas condições não foram calculados por falta de informação disponível e suficientemente caracterizadora da cidade de Tomar. Desta forma, foi necessário recalcular os pesos dos indicadores de acordo com o método AHP para posterior aplicação da análise multicritério.

5.4.3 Cenários de Análise

A escolha dos cenários teve em atenção aos objetivos pretendidos pelas autoridades do município de Tomar acerca da mobilidade, como exposto no relatório TOMAR 2015 (CEDRU, 2008). Desta forma, as autoridades pretendem que a cidade de Tomar tenha capacidade de assegurar as necessidades dos residentes e visitantes de forma a garantir uma boa qualidade de vida e experiência. Determina que os novos projetos devem ter em consideração as seguintes diretivas:

- Melhorar a oferta do transporte coletivo público, garantindo serviço ao centro da cidade e principais equipamentos;
- Promover a mobilidade ciclável;
- Estimular a mobilidade pedonal, em especial para os visitantes.

Com base nestes objetivos estabeleceu-se três cenários de análise passíveis de aplicação na cidade de Tomar no qual será analisado as vantagens em relação a situação atual da mobilidade de Tomar.

➤ **Cenário 1:**

Este cenário considera a criação de postos de carregamento de veículos elétricos em vários pontos principais da cidade de Tomar de forma a promover a utilização desses automóveis nas viagens pendulares, além de que algumas das vantagens de utilização deste tipo de

automóveis referem-se a redução das emissões de gases de efeito e diminuição nos custos de utilização do veículo.

Um veículo elétrico possui um tempo de carregamento normal de 8h sendo que existem postos de carregamento rápido que reduzem este valor para a metade. Estes postos de carregamento devem localizar-se próximo a zonas residenciais e de equipamentos de lazer e/ou educação que possuem grande atratividade. Com base nisto e de acordo com a localização dos equipamentos coletivos e residenciais do centro urbano propõe-se criar quatro postos de carregamento de veículos elétricos na cidade de Tomar localizando-os no Instituto Politécnico, Hospital, Alameda 1 de Março (zona essencialmente residencial) e Avenida Marques de Tomar (próximo a zona residencial e centro histórico) (Figura 5.25).

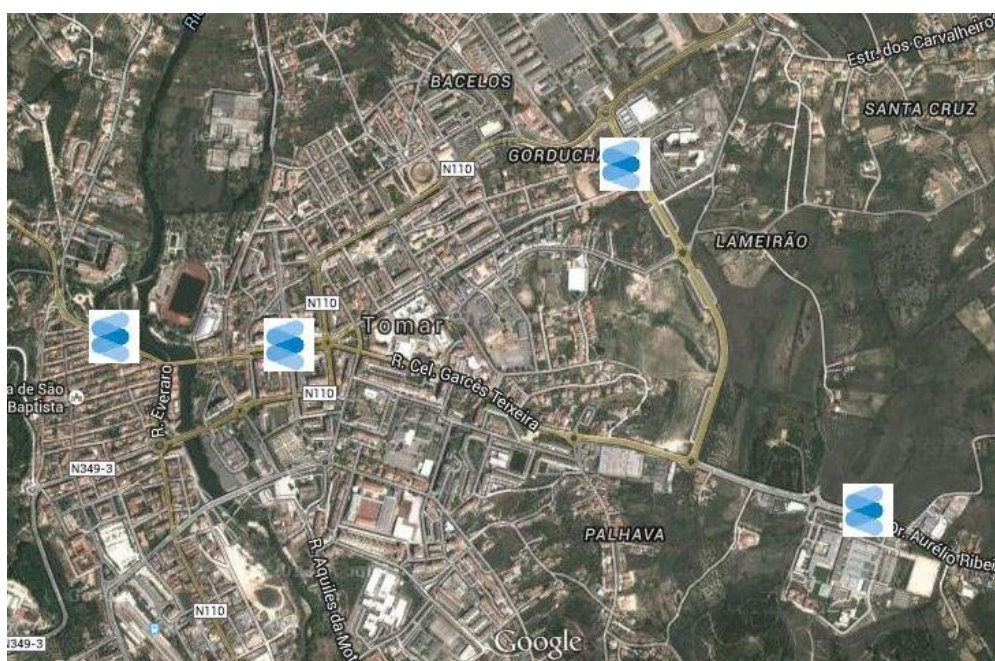


Figura 5.25 – Proposta de localização dos postos de carregamento de veículos elétricos.

Fonte: Google Maps (Retirada a 18/01/2015)

Desta forma, as Zonas A e D passam a possuir uma estação de carregamento de veículos elétricos enquanto a Zona C possui duas estações e a Zona B não é favorecida por esta iniciativa vista possuir pouca densidade populacional e poucos equipamentos.

➤ **Cenário 2:**

Este cenário vem satisfazer o objetivo de promoção do modo ciclável na cidade de Tomar através da consideração da existência de um sistema de partilha de bicicletas estruturado, existência de um Plano de Mobilidade Sustentável e elaboração da primeira fase da rede ciclável proposta por Inês Frade e Anabela Ribeiro (Frade e Ribeiro, 2014b).

Desta forma, como os indicadores relativos ao sistema de partilha de bicicletas e Plano de Mobilidade Sustentável são binários não é necessário efetuar o cálculo dos mesmos contudo deve-se ter em atenção especial ao sistema de partilha de bicicletas visto que sua implementação deve ser feita de forma estruturada e de forma a promover a utilização por parte dos residentes e visitantes sendo necessário garantir equipamentos de apoios como lugares de estacionamento de bicicletas e balcões de informação. O Plano de Mobilidade Sustentável têm como objetivo concretizar todos os objetivos pretendidos pelas autoridades locais na área da mobilidade e servir como documento oficial de apoio para a elaboração de futuros projetos.

Em relação à rede ciclável, o estudo de mobilidade ciclável (Frade e Ribeiro, 2014b) propõe a construção de uma rede ciclável que é dividida em quatro fases de construção. Neste cenário considerou-se somente a primeira fase de construção da rede ciclável devido a facilidade de aceitação por parte das autoridades locais na implementação desta iniciativa. A construção da restante rede trará somente vantagens para a mobilidade da cidade de Tomar. Desta forma, como é possível verificar na Figura 5.26, a rede ciclável analisada atravessa todas as zonas estudadas e interliga-se com as ciclovias já existentes.

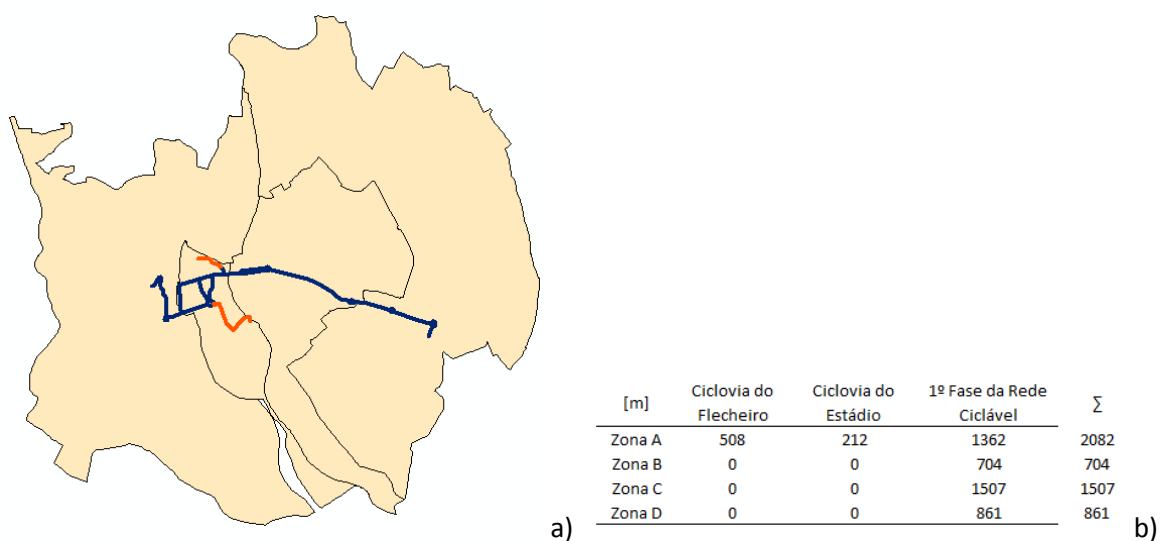


Figura 5.26 – a) Localização da 1ª fase da rede ciclável proposta por (Frade e Ribeiro, 2014b); b) Comprimento da rede ciclável de acordo com as zonas em estudo

➤ Cenário 3:

Este cenário considera a expansão da rede de TUT aos núcleos urbanos que não estão facilmente acessíveis pelo serviço e que possuem uma distância maior que 500m, distância considerada máxima que um utente está disposto a fazer a pé. Desta forma, analisou-se a distância das paragens mais próximas de determinados núcleos urbanos e considerou-se a criação de três paragens de autocarros (Figura 5.27):

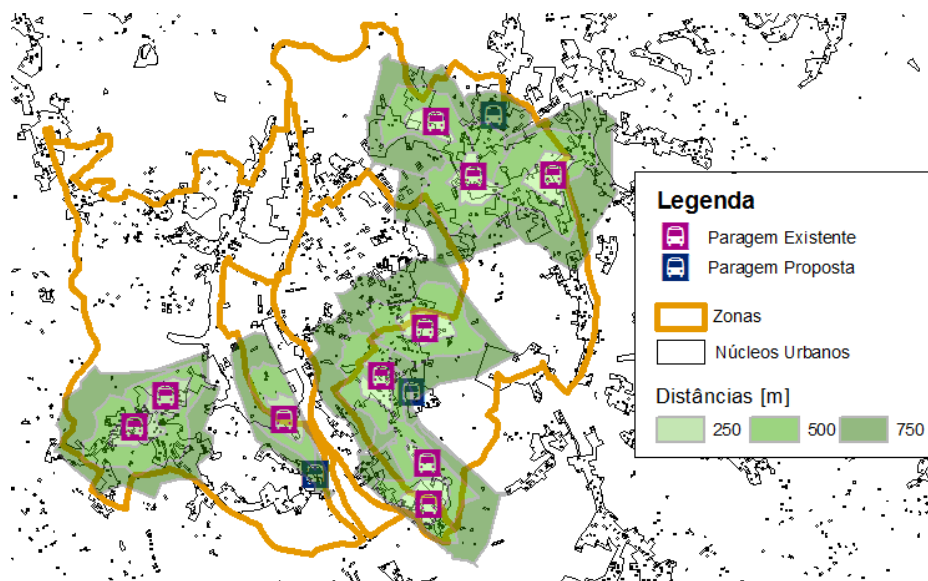


Figura 5.27 – Isócronas das paragens existentes selecionadas e proposta de novas paragens do serviço de TUT

Com a consideração destas novas paragens de autocarro, efetuou-se uma análise dos percursos do serviço de TUT em vigor no momento (Figura 5.15b) de forma a encontrar o percurso “ótimo” em termos de duração da viagem utilizando a função *Network Analyst* do programa de sistema de informação geográfica *ArcGIS®*. Desta forma, para o cálculo da frequência foi necessário ter em atenção que a Linha Verde é servida por apenas um autocarro enquanto a Linha Azul possui dois autocarros disponíveis, sendo que para esta linha foi considerado o percurso mais curto (não passa nas paragens 22, 63, 64 e 65) visto possuir mais circulações por dia. Verificando as melhores combinações (Quadro 5.12), determinou-se escolher os percursos referentes a acréscimo da paragem 68 à Linha Verde (Figura 5.28a) e das paragens 66 e 67 à Linha Azul (Figura 5.28b). Desta forma, as frequências utilizadas serão 54min e 26min, respetivamente.

Percurso	Características	Tempo Total de Viagem (min)	Frequência (min)
1	Linha Verde + Paragem 66	67	67
2	Linha Verde + Paragem 66+67	70	70
3	Linha Verde + Paragem 66+67+68	72	72
4	Linha Verde + Paragem 68	54	54
5	Linha Azul + Paragem 66	48	24
6	Linha Azul + Paragem 66+67	51	26
7	Linha Azul + Paragem 66+67+68	54	27
8	Linha Azul + Paragem 67+68	49	25

Quadro 5.12 – Exemplo de alguns percursos analisados (ver Anexo D com a numeração das paragens de autocarro)

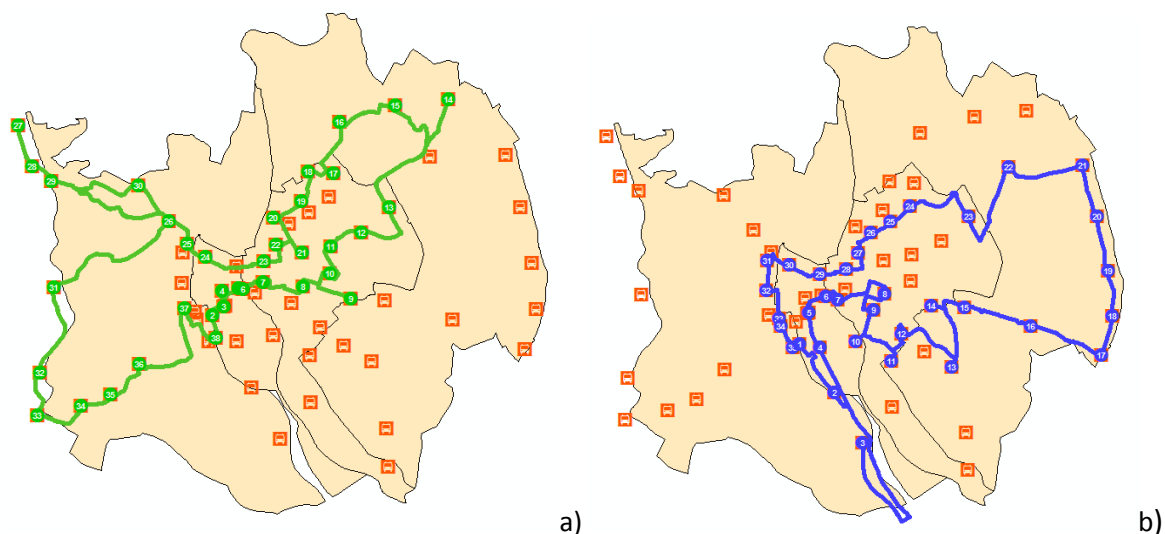


Figura 5.28 – a) Percurso 4; b) Percurso 6

5.4.4 Cálculo do Índice de Mobilidade Sustentável (IPMS) utilizando o Método Multicritério

A partir deste momento, o cálculo do índice de mobilidade sustentável para a cidade de Tomar tornar-se num exercício de simples aplicação visto os dados dos indicadores estarem calculados para todos os cenários e para a situação atual da cidade, sendo importante notar que os pesos dos indicadores foram recalculados de forma a suprir a falta de informação de três indicadores. Desta forma, é possível obter a matriz de avaliação (Anexo E) e utilizando o método de normalização linear de razão, visto considerar se o critério é de custo ou benefício, obteve-se a matriz de decisão (Quadro 5.13).

Utilizando o método da soma ponderada, é possível obter os valores do IPMS para as zonas em estudo de acordo com cada cenário considerado (Figura 5.29). Considerando a situação atual da mobilidade da cidade de Tomar verifica-se que a Zona A é a zona mais sustentável (IPMS=0,67), verificando a mesma situação para os outros cenários. A diferença da sustentabilidade da mobilidade entre zonas é muito pouca, contudo a Zona D é a menos favorecida de iniciativas de mobilidade sustentável. Esta situação não mantém-se quando analisado os outros cenários contudo as Zonas B e D são sempre as mais desvalorizadas. Estes resultados determinam que o centro histórico e a margem esquerda do Rio Nabão são as mais favorecidas em termos de iniciativas de mobilidade sustentável visto ser nestas zonas em que existe maior parte da população e ser a zona principal da cidade. Desta forma, no geral, a cidade de Tomar possui atualmente um IPMS de 0,65.

Comparando este valor com os cenários analisados verifica-se que a melhor alternativa para a cidade de Tomar, em termos de melhoria na mobilidade sustentável, consistem em considerar o Cenário 2 (IPMS=0,90) em que efetua a implementação de um sistema de partilha de

bicicletas, cria a primeira fase da rede ciclável proposta por Inês Frade e Anabela Ribeiro (Frade e Ribeiro, 2014b) e por fim, elabora um Plano de Mobilidade Sustentável de forma a estabelecer prioridades e objetivos para a mobilidade da cidade de Tomar (Figura 5.30a). Os Cenário 1 e 3 possuem valores próximos do índice (0,67 e 0,68, respetivamente) sendo que o Cenário 3 apesar de criar maior acessibilidade aos transportes coletivos, possuiu frequências e distâncias médias entre paragens superiores a situação atual sendo que esta situação pode ser alterando a importância que estes indicadores possuem.

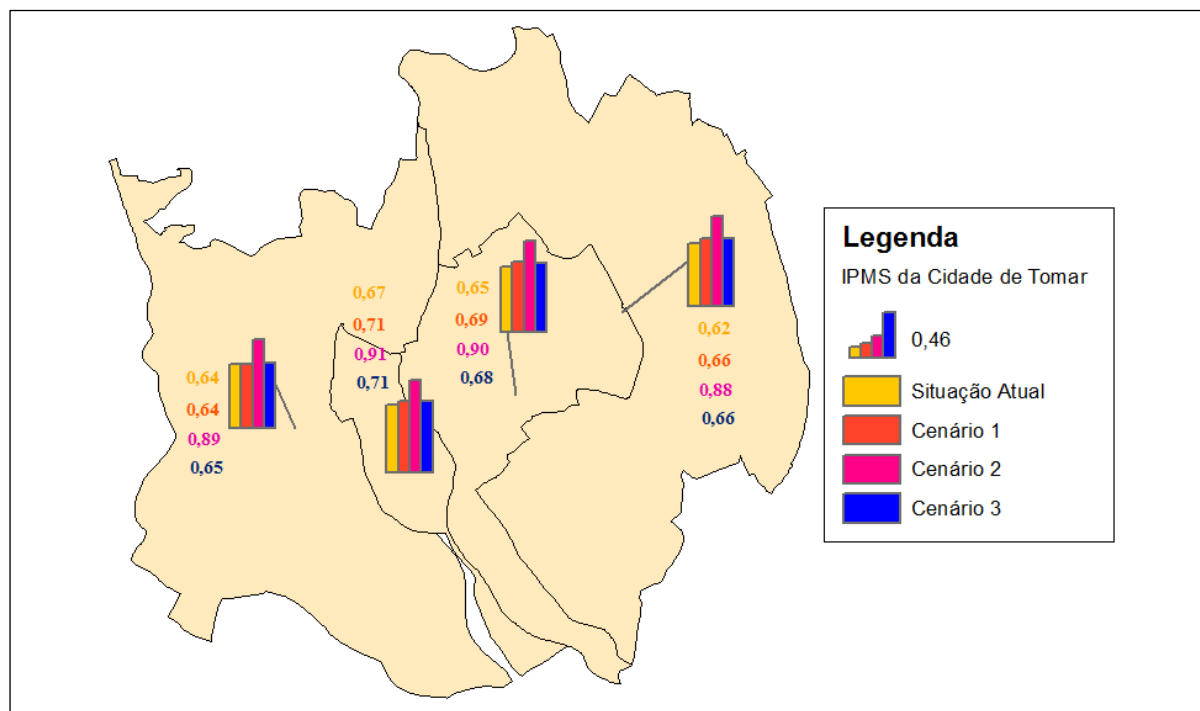


Figura 5.29 – Valor do IPMS para as zonas de acordo com todos os cenários e situação atual

		ALTERNATIVAS																
		PESOS	Situação Atual				Cenário 1				Cenário 2				Cenário 3			
CRITÉRIOS		W _d	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	Emissões de CO ₂	6,7%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Acidentes rodoviários relacionados com pedestres e ciclistas	1,9%	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
3	Influência do custo de utilização do TPC em relação ao rendimento	12,3%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Influência do custo de utilização do TI em relação ao rendimento	7,6%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Existência de Plano de Mobilidade Sustentável	15,3%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
6	Taxa de motorização	6,4%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Comprimento da rede ciclável	6,0%	0,35	0	0	0	0,35	0	0	0	1	1	1	1	0,35	0	0	0
10	Existência de programas de empréstimo de bicicletas	4,2%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
12	Frequência dos serviços	15,1%	0,77	0,83	0,77	0,77	0,77	0,83	0,77	0,77	0,77	0,83	0,77	0,77	1	1	1	1
13	Distância média entre paragens	8,9%	1	1	1	0,93	1	1	1	0,93	1	1	1	0,93	1	0,86	1	1
14	Veículos adequados para pessoas com mobilidade reduzida	9,4%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	Terminal intermodal	2,2%	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
16	Postos de carregamento de veículos elétricos	3,9%	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IPMS, zona =			0,67	0,64	0,65	0,62	0,71	0,64	0,69	0,66	0,91	0,89	0,90	0,88	0,71	0,65	0,68	0,66
IPMS, cidade =			0,65				0,67				0,90				0,68			

Quadro 5.13 – Matriz de Decisão considerando a situação atual e os cenários em análise de acordo com os indicadores existentes

6 CONCLUSÃO

A implementação de medidas sustentáveis na mobilidade de cidades portuguesas de pequena e média dimensão é relativamente dependente de iniciativas referentes à melhoria do serviço do transporte público coletivo, promoção do modo ciclável através da construção de ciclovias e percursos ciclável que sejam seguros além de ser importante garantir um bom estado de conservação da rede pedonal. O principal obstáculo que normalmente serve de justificativa, por parte dos decisores políticos, para a não implementação destas iniciativas consiste em questões monetárias visto o país estar a passar por momentos de crise. Contudo, é importante que as autoridades locais percebam que trata-se de um investimento a longo prazo cujas vantagens vão desde o aumento da qualidade de vida à ajuda no desenvolvimento do país.

Analisando o caso da cidade de Tomar, é de notar que dos cenários considerados verificou-se que o cenário referente a execução da rede ciclável principal da cidade em que estabelece a criação de cerca de 4,5km de percurso ciclável que interliga o centro histórico a zonas residenciais e zona escolar. Além de considerar a criação de um sistema de partilha de bicicletas que conduzirá a benefícios para os residentes e visitantes e um Plano de Mobilidade Sustentável que servirá de complemento a todas estas iniciativa visto simbolizar um comprometimento com a melhoria das condições de mobilidade da cidade.

Desta forma, pretende-se que o índice de mobilidade sustentável proposto neste trabalho sirva de apoio complementar para as tomadas de decisões das autoridades das cidades portuguesas de pequena a média dimensão que pretendam melhoria na qualidade de vidas dos seus cidadãos através do investimento na implementação de medidas de mobilidade sustentável.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros

- Bell, S., e Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable?* London, Earthscan.
- IUCN, UNEP, WWF, FAO, e Unesco. (1980). *World conservation strategy : living resource conservation for sustainable development*. Gland, Switzerland, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Meadows, D., e Club of Rome. (1972). *The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York, Universe Books.
- Rodrigues, J. (2003). *Gestão de Empreendimentos - Avaliação e Gestão em Projectos de Engenharia*. Coimbra, Gráfica Ediliber.
- Saaty, T. (1980). *Multicriteria Decision Making - The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, Mcgraw-Hill.
- Voogd, H. (1983). *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. London, Pion Limited.
- WCED. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. New York, Oxford University Press.

Relatórios

- ANSR. (2014). Relatório de Acidentes do distrito de Santarém: Vítimas a 30 dias - Relatório Anual de 2013: Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária
- Antoniades, P., e Chrysanthou, A. (2009). European Best Practices in Bike Sharing Systems T.aT. - Students Today, Citizens Tomorrow.
- APA. (2007). Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Agência Portuguesa do Ambiente.
- APA. (2008). Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável - ENDS 2015: Agência Portuguesa do Ambiente.
- APA. (2011). Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2009: Gases Acidificantes e Eutrofizantes, Precursores de Ozono, Partículas, Metais Pesados e Gases com Efeito de Estufa. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente.
- APA, e TTerra Consultoria. (2007). Guia Agenda 21 Local - Um desafio para Todos por Agência Portuguesa do Ambiente. (Ed.). Carregado: Palmigráfica.
- Bastos, A., Ribeiro, A., e Santos, S. (2011). Medidas de Alcamia de Tráfego - Medidas Individuais Aplicadas em Atravessamentos de Localidades (Vol. 1): InIR - Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias IP.
- Campos, V. (2005). Mobilidade Sustentável: Relacionando Transporte e Uso do Solo. Rio de Janeiro Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
- CEDRU. (2008). TOMAR 2015: Uma Nova Agenda Urbana - Documento de Trabalho: Centro de Estudos e Desenvolvimento Regional e Urbano.
- DGOTDU. (2011). Acessibilidade, Mobilidade e Logística Urbana *POLÍTICA DE CIDADES - 6: Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano*.

- EC. (2007). Sustainable Urban Transport Plans - Preparatory Document in relation to the Thematic Strategy on the Urban Environment - Annex *Technical Report - 2007/018*: European Commission.
- EPOMM. (2013). Mobility Management: The Smart Way to Sustainable Mobility in European Countries, Regions and Cities: European Platform on Mobility Management.
- Frade, I., e Ribeiro, A. (2014b). Estudo para Inserção de uma Rede de Mobilidade Ciclável na Cidade de Tomar - 2º Relatório: Definição da Rede Prioritária de Intervenção: Universidade de Coimbra.
- Garzillo, C., e Kuhn, S. (2007). The Aalborg Commitments Implementation Guide: A 5-Step Approach. Germany: ICLEI European Secretariat GmbH on behalf of the ACTOR Project Partners.
- IMTT. (2011). Mobilidade em Cidades Médias: Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestre.
- INE. (2012). Estatísticas dos Transportes de 2011: Instituto Nacional de Estatística
- IST. (2008). 2º FASE DE REVISÃO DO PDM DE TOMAR - Estudos de Caracterização e Diagnóstico Prospectivo - Acessibilidades, Mobilidade e Transportes: Instituto Superior Técnico - Centro de Sistemas Urbanos e Regionais
- IUCN. (2004). The IUCN Programme 2005-2008: Many Voices, One Earth adopted at The World Conservation Congress: International Union for Conservation of Nature.
- Lautso, K., Spiekermann, K., Wegener, M., Sheppard, I., Steadman, P., Martino, A., Domingo, R., e Gayda, S. (2004). PROPOLIS: Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability - Final Report: European Commission.
- Loose, W. (2009). Car-Sharing in Small Cities: MOMO - More Options for Energy Efficient Mobility Through Car-Sharing.
- Macedo, M., Pinto, M., Macedo, P., e Silva, M. (2012). Agenda 21 Local em Portugal: Grupo de Estudos Ambientais - Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa.
- Neta, M., e Alves, M. (2013). Projeto para a Regeneração da BUGA - Análise e Diagnóstico: Câmara Municipal de Aveiro & Projeto Europeu SITE (Smart Ticketing).
- PLUME. (2003). Synthesis Report: Urban Sustainability and its Appraisal: The Planning and Urban Mobility in Europe Consortium.
- Ribeiro, A., Almeida, G., e Frade, I. (2014). Estudo para Inserção de uma Rede de Mobilidade Ciclável na Cidade de Tomar - 1º Relatório.
- Shaheen, S., e Guzman, S. (2011). Worldwide Bikesharing: University of California Transportation Center.
- TIS. (2004). Estudo de Tráfego, Acessibilidades, Circulação e Mobilidade de Tomar - Relatório Final: Transporte, Inovação e Sistemas (TIS).
- UN. (1992). Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development; Rio Declaration on Environment and Development; Statement of Forest Principles. New York: United Nations Department of Public Information.
- UN. (1997). Programme for the Further Implementation of Agenda 21. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs
- UN. (1998). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. New York: United Nations.
- UN. (2002). Report of the World Summit on Sustainable Development. New York: United Nations.
- UN. (2007). Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies (3rd Edition ed.). New York: United Nations.

- UN. (2012). Report of the United Nations: Conference on Sustainable Development New York: United Nations.
- WBCSD. (2004). Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability *The Sustainable Mobility Project - Full Report*: World Business Council for Sustainable Development.
- WBCSD. (2009). Mobility for Development: Dedicated to Making Difference: World Business Council for Sustainable Development.

Artigos em Revistas

- Alberti, M. (1996). Measuring Urban Sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4-6), 381-424.
- Button, K. (2002). City Management and Urban Environmental Indicators. *Ecological Economics*, 40(2), 217-233.
- Campos, V., Ramos, R., e Correia, D. (2009). Multi-Criteria Analysis Procedure for Sustainable Mobility Evaluation in Urban Areas. *Journal of Advanced Transportation*, 43(4), 371-390.
- Fitzgerald, B., O'Doherty, T., Moles, R., e O'Regan, B. (2012). A Quantitative Method for the Evaluation of Policies to Enhance Urban Sustainability. *Ecological Indicators*, 18(0), 371-378.
- Frade, I., e Ribeiro, A. (2014a). Bicycle Sharing Systems Demand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111(0), 518-527.
- Giménez-Gaydou, D., Ribeiro, A., Gutiérrez, J., e Antunes, A. (2014). Optimal Location of Battery Electric Vehicle Charging Stations in Urban Areas: A New Approach. *International Journal of Sustainable Transportation*, null-null.
- Gomes, E., Mello, J., e Mangabeira, J. (2008). Índice Multicritério de Bem Estar Social Rural em um Município da Região Amazônica. *Pesquisa Operacional*, 28, 141-160.
- Holden, E., Linnerud, K., e Banister, D. (2014). Sustainable Development: Our Common Future Revisited. *Global Environmental Change*, 26(0), 130-139.
- Ison, S., e Ryley, T. (2007). Options for Sustainable Mobility. *Proceedings of the ICE - Engineering Sustainability*, 160, 27-33.
- Mebratu, D. (1998). Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review. *Environmental Impact Assessment Review*, 18(6), 493-520.
- Miranda, H., e Silva, A. (2012). Benchmarking Sustainable Urban Mobility: The Case of Curitiba, Brazil. *Transport Policy*, 21(0), 141-151.
- Robinson, J. (2004). Squaring the Circle? Some Thoughts on the Idea of Sustainable Development. *Ecological Economics*, 48(4), 369-384.

Artigos em Conferências

- Mateus, R., e Bragança, L. (2004). *Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Desenvolvimento de uma Metodologia para a Avaliação da Sustentabilidade de Soluções Construtivas*. Documento apresentado em Congresso sobre Construção Sustentável, Leça da Palmeira, Portugal.

Dissertação de Mestrado

- Melo, B. (2004). *Indicadores de Ocupação Urbana sob o Ponto de Vista da Infra-Estrutura Viária*. (Dissertação de Mestrado), Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

Websites

- APA@. (2010). Agência Portuguesa do Ambiente Website: Projeto Mobilidade Sustentável. Retirado em 09/11/2014 de <http://mobilidade.apambiente.pt/>
- CMAnadia@. (2014). Câmara Municipal de Anadia: Educação Ambiental. Retirado em 14/11/2014 de <http://www.cm-anadia.pt/index.php/2014-04-02-11-27-47/educacao-ambiental>
- CMAnsião@. (2014). Câmara Municipal de Ansião: Projeto E-Ginga. Retirado em 14/11/2014 de http://www.cm-ansiao.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=434:projecto-e-ginga&catid=65
- CMT@. (2014a). Website da Câmara Municipal de Tomar: Ata nº 22/2014. Retirado, 13/01/2015 de <http://www.cm-tomar.pt/index.php/pt/municipio/2014-10-07-09-47-06/atas#atas-câmara-municipal>
- CMT@. (2014b). Website da Câmara Municipal de Tomar: História do Município de Tomar. Retirado em 03/05/2014 de <http://www.cm-tomar.pt/pt/conteudos/O%20Municipio/Hist%C3%B3ria/Hist%C3%B3ria.htm>
- CMT@. (2014c). Website da Câmara Municipal de Tomar: Mapa dos Parques de Estacionamento. Retirado em 15/01/2015 de http://www.cm-tomar.pt/images/CMT/municipio/imagens/estacionamento/mapa_tomar.jpg
- CMT@. (2014d). Website da Câmara Municipal de Tomar: Transportes Urbano. Retirado em 14/01/2015 de <http://www.cm-tomar.pt/index.php/transportes-urbanos>
- DECO@. (2014). Website da Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor - Características de veículos. Retirado em 15/01/2015 de <http://www.deco.proteste.pt/proteste-auto#>
- Eurostat@. (2013). Eurostat's Website: Sustainable Development in European Union - 2013 Monitoring Report of the EU Sustainable Development Strategy. Retirado em 29/10/2014, 2014 de http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-02-13-237/EN/KS-02-13-237-EN.PDF
- Lisboa E-Nova@. (2014). Lisboa E-Nova Website: Bike to Work Day - 22 de Setembro de 2014. Retirado em 19/11/2014 de <http://lisboaenova.org/biketowork2014>
- Massa Crítica@. (2014). Website do Grupo Massa Crítica. Retirado em 19/11/2014 de <http://www.massacriticapt.net/>
- MOBIE@. (2014). Website da MOBIE - Mobilidade Eléctrica. Retirado em 18/11/2014 de <http://www.mobie.pt/>
- PORDATA@. (2014). Website PORDATA: Ganho médio mensal dos trabalhadores por conta de outrem. Retirado em 15-01-2015 de <http://www.pordata.pt/Municipios/Ganho+medio+mensal+dos+trabalhadores+por+conta+de+outrem+total+e+por+sexo-282>
- TTT@. (2014). Website do Tomar Terra Templária: Viagem no Tempo. Retirado em 03/05/2014 de <http://www.ttt.ipt.pt/index.php?nivel=2&m=71>

DISTRITO	CIDADE	NOME	ANO	Nº DE BICICLETAS	Nº DE ESTAÇÕES	PREÇO	OBS.
Aveiro	Águeda	BEÁGUEDA	2011	10	1	Gratuito	Promoção de bicicletas elétricas
	Aveiro	BUGA	2000	150	1	Gratuito	
	Murtosa	MURTOSA	2010	-	1	Gratuito	Somente no mês de Agosto
	Ovar	BIA	2013	100	11	Gratuito	
	Anadia	B-AND	2014	50	5	-	
Beja	Serpa	PEDALEIRAS	2011	-	2	1€/Bicicleta	
Braga	Vila Nova de Famalicão	BUE	2012	15	4	Gratuito	Destinados a jovens dos 16 aos 35 anos
Coimbra	Coimbra	Pedalar Pela Sua Saúde	-	-	1	Gratuito	Somente no Verão
Faro	Quarteira	Vilamoura <i>Public Bikes</i>	2012	200	32	30€/ano	
	Vila Real de Santo António	-	2009	-	4	-	Somente no Verão
Leiria	Caldas da Rainha	RAINHAS	2009	100	8	4€/dia	
	Leiria	BICLIS	2009	62	8	Gratuito	
	Ansião	E-Ginga	2014	-	2	Gratuito	
Lisboa	Cascais	biCas	2001	250	4	Gratuito	
	Lisboa	B'INA	-	-	6	3,5€/dia	Solução <i>Park&Bike</i>
	Torres Vedras	AGOSTINHAS	2013	180	11	Gratuito	
Portalegre	Souselas	CONDESTÁVEIS		-	1	5€/dia	
Porto	Paredes	BIP	2011	50	5	5€/ano	
Santarém	Almeirim	AL-GIRA	-	-	3	Gratuito	
	Tomar	-	2014	-	-	10€/dia	Desconto de 50% para cidadãos residentes no concelho
Setúbal	Barreiro	-	-	-	1	Gratuito	
Viana do Castelo	Ponte de Lima	LAGOA	2009	50	5	2€/hora	
	Viana do Castelo	BIANINHAS	2009	-	1	2,5€/hora	

Quadro A.1 – Exemplos de Sistemas de Partilha de Bicicletas existentes em Portugal.
Retirado de (Neta e Alves, 2013) e atualizado utilizando (CMAnadia@, 2014; CMAnsião@, 2014; CMT@, 2014a).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			w_i
1	1,0	7,0	0,2	0,2	0,3	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	0,2	1,0	1,0	6,0	2,0	22	1,21	0,064
2	0,1	1,0	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0	0,29	0,015
3	5,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	3,0	4,0	4,0	4,0	1,0	1600	1,59	0,084
4	5,0	5,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5	0,5	0,5	0,3	2,0	2,0	4	1,09	0,058
5	3,0	8,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	5,0	3,0	552960	2,29	0,122
6	0,5	3,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5	0,3	0,5	0,5	4,0	2,0	1	0,96	0,051
7	0,5	3,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5	0,3	0,5	0,5	4,0	2,0	1	0,96	0,051
8	0,5	3,0	1,0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,3	0,3	0,3	0,3	4,0	2,0	0	0,81	0,043
9	0,5	3,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	0,3	0,3	0,3	4,0	2,0	1	1,00	0,053
10	0,5	2,0	1,0	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,3	0,2	0,3	0,3	4,0	1,0	0	0,57	0,03
11	0,3	4,0	3,0	2,0	0,5	2,0	2,0	3,0	0,3	4,0	1,0	0,3	0,5	0,5	3,0	4,0	64	1,30	0,069
12	5,0	5,0	0,3	2,0	0,5	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	3,0	1,0	3,0	3,0	4,0	5,0	3240000	2,55	0,136
13	1,0	4,0	0,3	2,0	0,5	2,0	2,0	4,0	3,0	4,0	2,0	0,3	1,0	1,0	4,0	4,0	2048	1,61	0,086
14	1,0	4,0	0,3	3,0	0,5	2,0	2,0	4,0	3,0	4,0	2,0	0,3	1,0	1,0	5,0	4,0	3840	1,68	0,089
15	0,2	3,0	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	1,0	0,3	0	0,32	0,017
16	0,5	2,0	1,0	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,3	0,2	0,3	0,3	4,0	1,0	0	0,57	0,03
																	Σ	18,78	1,00

γ máx=	18,4
n=	16
RI=	1,59

CR=	0,10
-----	-------------

Quadro B.1 – Matriz de comparação par-a-par obtida e aplicação do Método AHP

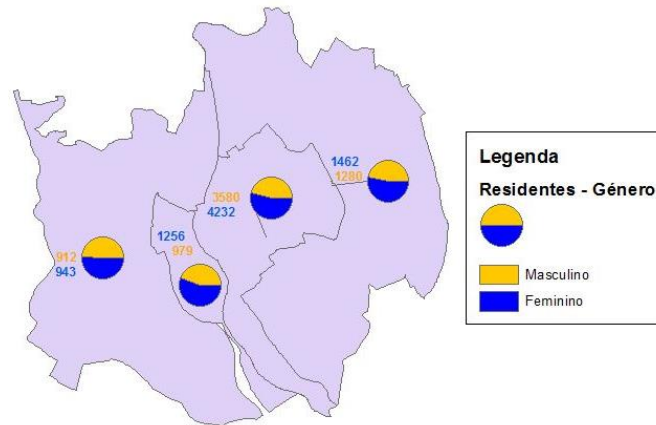


Figura C.1 – Gênero dos residentes da área em estudo por zonas

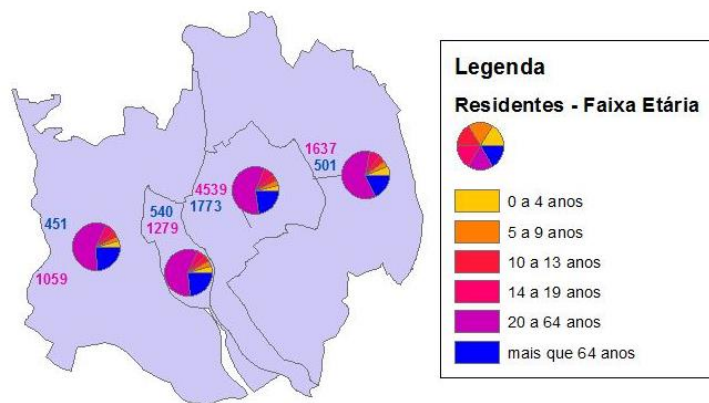


Figura C.2 – Faixa etária dos residentes da área em estudo por zonas

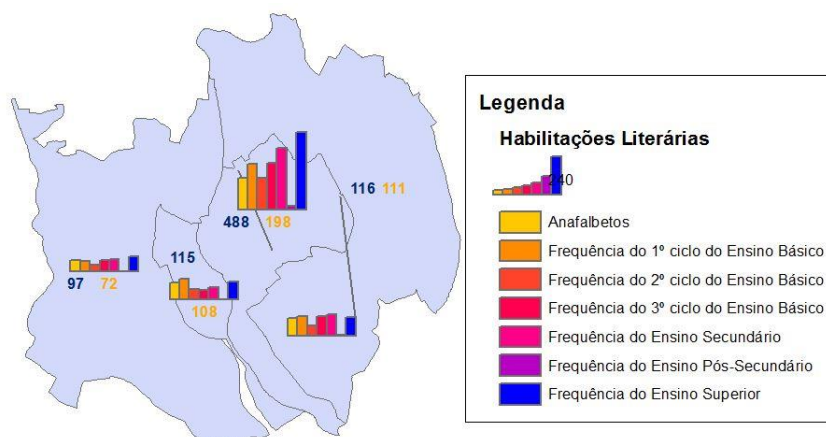


Figura C.3 – Frequência do ensino dos residentes da área em estudo por zonas

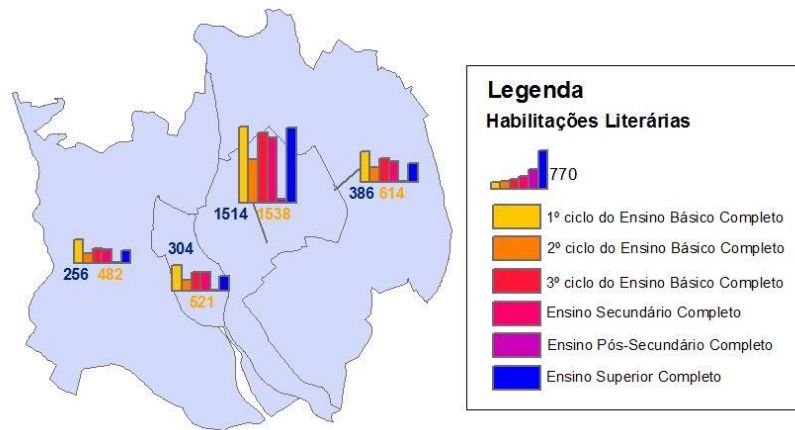


Figura C.4 – Ensino completo dos residentes da área em estudo por zonas

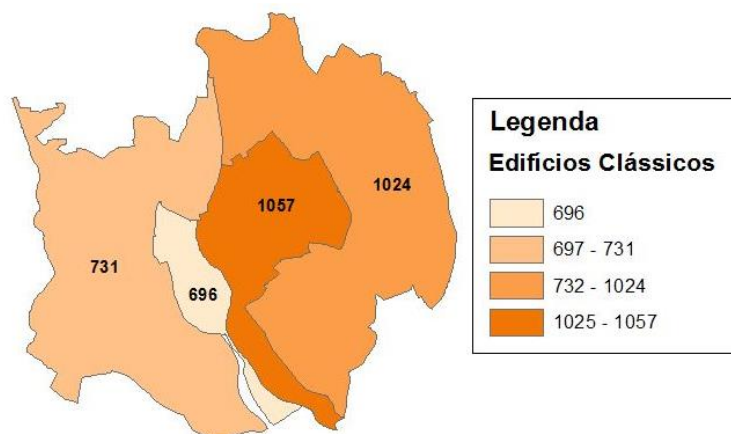


Figura C.5 – Edifícios clássicos existentes por zonas

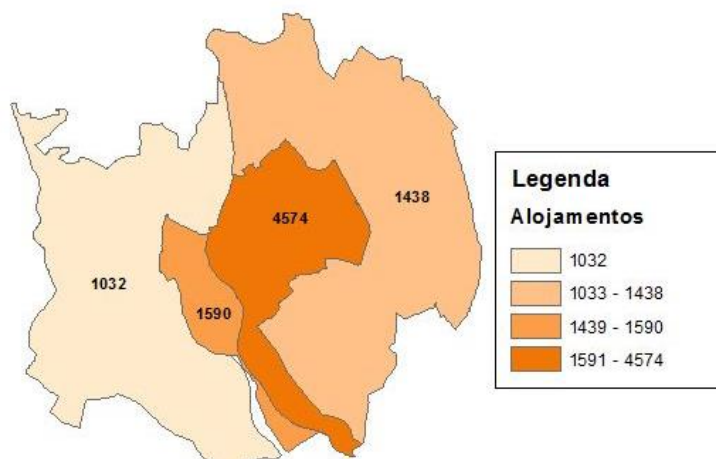


Figura C.6 – Alojamentos da área em estudo por zonas

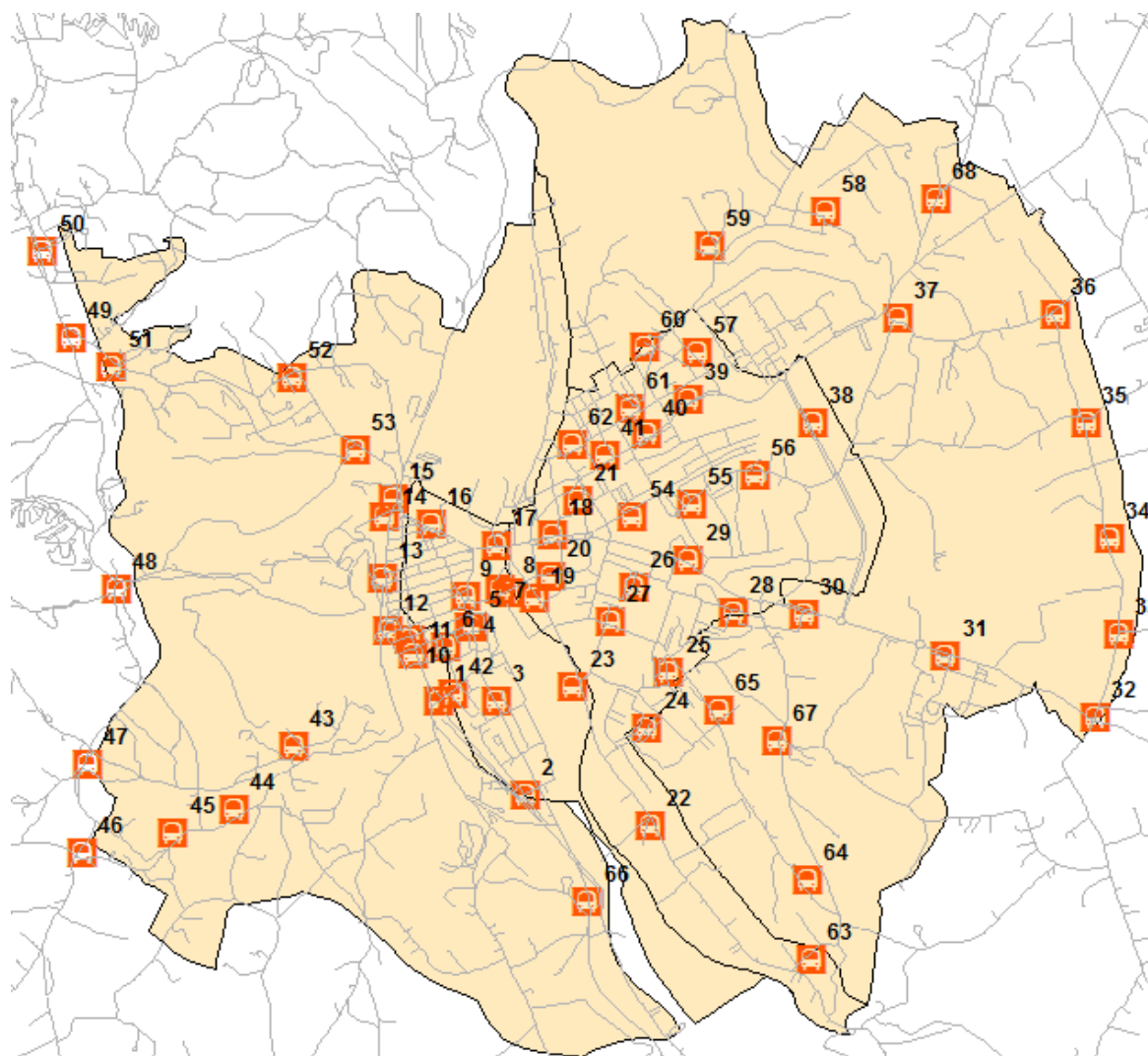


Figura D.1 – Identificação das paragens de autocarros existentes e propostas

Indicador	Dimensão	Custo/ Benefício	Situação Atual				Cenário 1				Cenário 2				Cenário 3			
			Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
1	ton de CO2 / km2	C	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233
2	unidade	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
3	%	C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	%	B	22	11	13	24	22	11	13	24	22	11	13	24	22	11	13	24
5	S/N	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
6	vei / 1000 hab	C	778	940	1037	1016	778	940	1037	1016	778	940	1037	1016	778	940	1037	1016
8	m	B	720	0	0	0	720	0	0	0	2082	704	1507	861	720	0	0	0
10	S/N	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
12	min	B	20	45	20	20	20	45	20	20	20	45	20	20	26	54	26	26
13	m	C	150	240	233	438	150	240	233	438	150	240	233	438	150	278	233	408
14	S/N	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	S/N	B	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
16	unidade	B	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura E.1 – Matriz de avaliação para a cidade de Tomar (Numeração dos indicadores no Quadro 4.6).