

Planeamento de uma mobilidade urbana sustentável e eficiente - metodologia para avaliar a descarbonização do setor

Paulo Ribeiro, PhD

Universidade do Minho

pauloribeiro@civil.uminho.pt

José F.G. Mendes, PhD

Universidade do Minho

RESUMO

No âmbito da aplicação dos fundos europeus estruturais e de investimento no período de programação 2014-2020 torna-se necessário, na temática da mobilidade, dar cumprimento ao seguinte Objetivo Temático “Apoiar a transição para uma economia de baixo teor de carbono em todos os sectores”, que estabelece, entre outras, a Prioridade de Investimento 4.5, que visa a promoção de estratégias de baixo teor de carbono para todos os tipos de territórios, nomeadamente as zonas urbanas, incluindo a promoção da mobilidade urbana multimodal sustentável e eficiente. Da análise da metodologia existente para quantificar o volume de emissões do setor dos transportes utilizado pela Direção Geral de Energia e Geologia é possível concluir que a determinação desses valores não permite definir estratégias que visem a redução das emissões neste setor. Deste modo, a metodologia desenvolvida permitirá estimar o valor correspondente a um número de viagens de transporte motorizados para um determinado volume de emissões de GEE (tonCO₂) e assim definir o quadro da repartição modal mais eficiente para os padrões de mobilidade urbana a atingir por um, ou vários, municípios de uma região. Assim, neste artigo será apresentada uma metodologia que vise estimar a diminuição do número de viagens em transporte individual, que possam ser transferidas para modos de transporte mais eficientes e menos poluentes, como o autocarro e os modos ativos, de modo a que se possa atingir o valor meta de CO₂ para 2023.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos verificou-se um crescimento elevado do número de viagens (Banister, 2011a), sendo praticamente intolerável, tendo em conta a escassez de recursos energéticos, bem como a alteração das condições climáticas (Nakamura and Hayashi, 2013). Por conseguinte é necessário reavaliar a mobilidade tendo em vista uma redução dos consumos de energia no setor dos transportes (Banister, 2011a). Porém, importa realçar que os combustíveis fósseis continuam a ser os maiores impulsionadores da economia mundial nomeadamente o setor dos transportes que, associado a boas infraestruturas, permitem a realização da maioria das viagens de uma forma rápida e a baixo custo. No entanto, esta mobilidade, alimentada pelo carbono, afeta diretamente os diversos ecossistemas e o planeta em geral de um modo irreversível (Banister, 2011b), traduzido em vários fenómenos associados às alterações climáticas, sendo necessário alterar este paradigma e caminhar para uma mobilidade mais sustentável,

eficiente e descarbonizada.

Como principal fonte de poluição atmosférica, o tráfego rodoviário contribui para o aumento de vários tipos de doenças, nomeadamente do foro respiratório e das alergias nos condutores e habitantes em geral (Laumbach and Kipen, 2012, Zhang and Batterman, 2013, Cepeda et al., 2017), ameaçando então a qualidade de vida das populações, a competitividade das áreas urbanas e o respetivo nível de sustentabilidade (Silva, 2013).

Assim deve-se caminhar no sentido oposto, reestruturando o processo de planeamento e sustentabilidade nos transportes, de forma a evoluir para uma sociedade de baixas emissões de carbono. Para tal, é necessário, não só haver mudanças de atitudes das populações, mas também das normas sociais fundamentais no apoio à implementação de novas soluções técnicas, novos comportamentos e novos estilos de vida (Litman and Burwell, 2006, Hiselius and Rosqvist, 2016, Figueroa et al., 2013). Neste âmbito, esta mudança encontra-se de igual forma dependente do nível de desenvolvimento económico e financeiro dos territórios e do sucesso da implementação de estratégias a longo prazo (Hickman et al., 2013).

Redman et al. (2013) defende que um dos principais problemas de desenvolvimento sustentável ao nível do setor dos transportes está, principalmente, ao uso do transporte privado em áreas urbanas. Assim, uma mudança de comportamento da mobilidade das pessoas tendo em vista a redução do uso do automóvel privado assente em questões que ultrapassam a eficiência económica e integram o paradigma da sustentabilidade representa uma questão politicamente desafiadora (Faherty and Morrissey, 2014). Alternativas políticas eficientes e viáveis podem, portanto, dar um valioso contributo na resolução dos desafios dos transportes (Tørnblad et al., 2014), sendo o dimensionamento de sistemas de transporte urbano de baixas emissões de carbono, um elemento-chave para a criação de cidades de baixas emissões de carbono (Nakamura and Hayashi, 2013). Mas, com os fluxos de viagens a sofrerem alterações significativas nas últimas décadas, os padrões comportamentais tornam-se cada vez mais complexos e difíceis de prever e gerir (Silva et al., 2014), sendo um obstáculo na implementação de políticas de descarbonização para o setor.

Assim, será apresentada uma articulação do Planeamento da Mobilidade Urbana Sustentável com os principais planos e programas nacionais de modo a garantir a coerência com um conjunto de instrumentos de planeamento e programas incidentes no território, nomeadamente a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável, a Estratégia Cidades Sustentáveis e o Plano Estratégico dos Transportes e Infraestruturas (PET3+).

O desenvolvimento de uma estratégia de atuação para a estruturação do sistema de transportes de um território de uma determinada região deve ter em linha de conta não só a visão estratégica preconizada para o futuro desse território, mas também os enquadramentos nacionais de política sectorial e o respetivo quadro regulamentar e estratégicas de âmbito nacional e regional. Assim, para dar resposta ao solicitado serão descritos os principais objetivos e conteúdos relacionados com a Mobilidade Sustentável destes e instrumentos.

RECOMENDAÇÃO REFERENTE À ARTICULAÇÃO DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL COM OS PRINCIPAIS PLANOS E PROGRAMAS EM PORTUGAL

Plano Estratégico dos Transportes e Infraestruturas (PET3+)

No âmbito da política de transportes foi desenvolvido o Plano Estratégico dos Transportes 2011-2015 (RCM 145/2011, de 10 novembro) que, entre outras medidas, procurou desenvolver um quadro de ação que permitisse:

- Preparar a sucessão da aplicação do Regulamento de Transportes em Automóveis (RTA) para o regime instituído pelo Regulamento (CE) n.º 1370/2007.
- Proceder “à descentralização de competências na atribuição de serviços de transporte público regular de passageiros, por modo rodoviário, em todo o território municipal, para os respetivos

municípios”.

- Instituir, de acordo com a Lei de Bases dos Transportes Terrestres, uma gestão supramunicipal do sistema de transportes, através de associações de Autarquias, o que “alavanca as potencialidades da planeada transferência de competências para o poder local”.

- Assegurar que a organização supramunicipal do sistema de transportes se baseie em estruturas já existentes de âmbito supramunicipal, “sem a necessidade de criar entidades nem encargos públicos adicionais”.

Posteriormente, o Plano Estratégico de Transportes e Infraestruturas - Horizonte 2014-2020 (PETI3+), aprovado em 2014, veio reforçar estes objetivos, identificando claramente a necessidade de alteração do Regime Jurídico dos Serviços Públicos de Transporte de Passageiros. Assim, o PETI3+, na sequência do já preconizado no PET, inicia o processo de alteração do regime jurídico do Serviço Público de Transporte de Passageiros, com vista a melhorar as condições da exploração destes serviços públicos, bem como a satisfação das necessidades dos cidadãos, sem descurar os princípios que devem nortear a prestação dos serviços de interesse económico geral, designadamente o uso eficiente dos recursos públicos, a promoção da qualidade dos serviços, o desenvolvimento equilibrado do território, a articulação intermodal e o maior equilíbrio na gestão dos serviços.

Neste contexto, o PETI3+, apresenta os Objetivos Estratégicos para o período 2014-2020 a seguir indicados, caracterizados precisamente por um equilíbrio entre um esforço de promoção do crescimento, um esforço reformista e de promoção da sustentabilidade do sistema de transportes e um esforço de coesão social e territorial:

A. Contribuir para o crescimento económico, apoiando as empresas portuguesas e a criação de emprego;

B. Assegurar a competitividade do sector dos transportes e a sua sustentabilidade financeira para os contribuintes portugueses;

C. Promover a coesão social e territorial, assegurando a mobilidade e acessibilidade de pessoas e bens, em todo o país;

Tendo por base os Objetivos Estratégicos estabelecidos, no PET3+, foi estabelecido um conjunto de prioridades de intervenção para os projetos de investimento a concretizar no horizonte 2014-2020, que irão contribuir de uma forma direta ou indireta para uma maior eficiência, sustentabilidade e consequente descarbonização do setor dos transportes.

Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável

Nas últimas décadas foi sendo produzido um conjunto de documentos oficiais de enquadramento de políticas, quase sempre em alinhamento com as tendências europeias. Alguns desses documentos perderam atualidade, como Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS 2015) e o respetivo Plano de Implementação, aprovados em 2007, que enunciavam uma estratégia de referência para uma ação orientada pela correspondente Estratégia Europeia - que viria a perder autonomia com o lançamento da Estratégia 2020.

A Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável 2015 residia no desígnio de tornar Portugal, no horizonte de 2015, um dos países mais competitivos da União Europeia, num quadro de qualidade ambiental e de coesão e responsabilidade social.

Muitos documentos estratégicos nacionais destinam-se a preparar os quadros de programação comunitária e são periodicamente ajustados aos novos ciclos financeiros. Deste modo, tendo por base o documento “Políticas de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Orientações comunitárias e nacionais” da Agência Portuguesa do Ambiente de 2015. A estratégia Europa 2020, lançada em 2010 para os dez anos seguintes, é a estratégia da União Europeia para o crescimento e o emprego assenta em três princípios de crescimento: inteligente, sustentável e inclusivo.

No âmbito das iniciativas emblemáticas criadas para catalisar os progressos em termos de crescimento sustentável merece especial destaque a iniciativa “Uma Europa eficiente no uso de

recursos”, sendo possível destacar no âmbito da Mobilidade Sustentável o “Roteiro de transição para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050”, lançado em 2011. O Roteiro estipula que, para conseguir converter a sua economia numa economia de baixo carbono competitiva, a UE tem de se preparar para reduzir as suas emissões internas em 80 % até 2050, comparativamente a 1990. A trajetória mais vantajosa será reduzir as emissões internas cerca de 40 % até 2030 e cerca de 60 % até 2040 e aponta para uma redução de 25 % em 2020.

Em virtude da caducidade da ENDS 2015 e visto que a estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» procura reforçar a dimensão estratégica do papel das cidades nos diversos domínios da «Estratégia 2020» deve estar consubstanciada no âmbito do planeamento de uma mobilidade urbana sustentável.

O processo de descarbonização na perspetiva na perspectiva da Estratégia Cidades Sustentáveis

A estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» procura reforçar a dimensão estratégica do papel das cidades nos diversos domínios da «Estratégia 2020». Ancorado no paradigma do desenvolvimento urbano sustentável, a estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» deve ser entendida como um documento orientador para o desenvolvimento territorial, sendo o envolvimento e compromisso de uma multiplicidade de agentes e níveis de governação diferenciados condição fundamental para que o enfoque das intervenções não se resuma apenas à dimensão física do espaço urbano, mas, antes, vá ao encontro de desígnios como o desenvolvimento económico, a inclusão social, a educação, a participação e a proteção do ambiente.

Desta forma, estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» deve ser entendido como um guião da sustentabilidade urbana na amplitude de domínios do desenvolvimento económico, social, ambiental, cultural e de governança, e um instrumento útil para as cidades nas suas dimensões territoriais estratégicas.

Esta estratégia destina-se principalmente aos agentes públicos que intervêm na cidade e no sistema urbano nacional, com destaque para os municípios, as comunidades intermunicipais, a Administração Central, a sociedade civil e as empresas.

Em suma, a estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» assume-se como um quadro de referência estratégico para o desenvolvimento urbano sustentável, contribuindo para a promoção das condições necessárias à competitividade, sustentabilidade e coesão nacional.

Para além disso, a estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» tem como principal ambição que as cidades sustentáveis sejam mais: prósperas, resilientes, saudáveis, justas, conectadas e inteligentes.

Esta estratégia assenta na resposta ao seguinte conjunto de desafios: 1) Competitividade e crescimento, 2) Inclusão e coesão social, 3) Transformações demográficas, 4) Governança estratégica, 5) Disciplina de uso do solo, 6) Viabilidade financeira, 7) Regeneração urbana, 8) Sustentabilidade e resiliência, 9) Integração urbano-rural, 10) Integração no espaço internacional.

Estes desafios exigem abordagens integradas, adequadas às condições particulares de cada território, devendo enraizar-se nas políticas nacionais de desenvolvimento económico-social, e numa perspetiva consistente de médio e longo prazo.

A estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» configura-se como uma proposta de âmbito nacional, aplicável ao nível local, para um futuro mais sustentável das nossas cidades, articulando uma visão com um conjunto de princípios orientadores e quatro propostas de eixos estratégicos de intervenção.

Em resposta aos desafios identificados, estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» assenta em oito princípios orientadores, que deverão nortear a política e as decisões de investimento, com vista ao desenvolvimento urbano sustentável, nomeadamente: 1. Estruturação urbana do território; 2. Territorialização das políticas; 3. Integração horizontal; 4. Integração vertical; 5. Contratualização; 6. Consistência estratégica; 7. Conhecimento do território e 8. Capacitação coletiva.

Deste modo, a estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» apresenta 52 orientações estratégicas para os municípios elaborarem as suas Estratégias de Desenvolvimento Urbano Sustentável, tendo por base seguintes quatro eixos estratégicos: Eixo 1. Inteligência & competitividade, Eixo 2. Sustentabilidade & eficiência, Eixo 3. Inclusão & Capital Humano, Eixo 4. Territorialização & Governança.

Desta forma a estratégia apresenta um conjunto de medidas organizadas por estes eixos estratégicos, cuja aplicação integrada contribuirá para a transformação das cidades portuguesas em cidades mais sustentáveis.

Assim, importa destacar um grupo de medidas orientadoras, associadas ao eixo estratégico 2 - Sustentabilidade & Eficiência - que melhor se enquadram com os objetivos de uma Mobilidade Urbana Sustentável eficiente e descarbonizada, nomeadamente a medida 24 - “Reduzir a intensidade energética das cidades, assumindo respostas diferenciadas de gestão da procura, redução do consumo e promoção da eficiência energética dos distintos agentes urbanos e, em particular, dos setores público, empresarial e residencial, assim como dos subsistemas de iluminação, mobilidade, gestão da água e de resíduos, incluindo a integração e a utilização de fontes de energia renovável, assegurando a transição para um modelo de baixo carbono e a redução da pegada carbónica dos sistemas urbanos”, a medida 26 – “Diminuir a intensidade carbónica da mobilidade urbana, incluindo mercadorias e passageiros, desincentivando o transporte individual motorizado, promovendo a intermodalidade e reforçando a adequação, cobertura, conectividade, serviço, informação e sustentabilidade do transporte coletivo, incrementando o peso e a diversidade das opções de mobilidade baixo carbono na repartição modal, incluindo a mobilidade suave e elétrica renovável, e promovendo a integração funcional e tarifária da rede intermodal urbana, suburbana e interurbana”, e a medida 27 – “Estimular a mobilidade sustentável nos processos de regeneração urbana, promovendo a diversificação da oferta de proximidade, a atratividade das áreas urbanas com bons níveis de acessibilidade, as respostas de mobilidade segura dirigidas a crianças, jovens, famílias e idosos, a logística urbana residencial, comercial, empresarial e industrial e a reestruturação do espaço canal em favor do transporte coletivo e da mobilidade suave e condicionada”

Com base na apresentação da estratégia «Cidades Sustentáveis 2020» é possível estabelecer o nível de intensidade e relação dos objetivos associado a um planeamento de uma mobilidade urbana cada vez mais eficiente e sustentável.

METODOLOGIA PARA AVALIAR AS EMISSÕES DE CO2 NO PROCESSO DE DESCARBONIZAÇÃO DO SECTOR DOS TRANSPORTES

Enquadramento

De acordo com a Prioridade de Investimento 4.5 do PO Norte - “Promoção de estratégias de baixo teor de carbono para todos os tipos de territórios, nomeadamente as zonas urbanas, incluindo a promoção da mobilidade urbana multimodal sustentável e medidas de adaptação relevantes”, foi definido o objetivo específico 3.3.1, para os indicadores de resultados principais do programa, “Promover uma mobilidade ambiental e energeticamente mais sustentável, num quadro mais amplo de descarbonização das atividades sociais e económicas e de promoção da coesão económica e social e de garantia de equidade territorial no acesso às infraestruturas, equipamentos coletivos e serviços de interesse geral”, ou seja, a redução da “emissão estimada dos gases com efeitos de estufa”, expressa em toneladas de CO2, de acordo com os valores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de resultados específicos para o objetivo 3.3.1 do PO Norte

Indicador	Unidade de medida	Categoria de região	Valor de referência (ano 2011)	Valor-alvo (ano 2023)	Fonte dos dados
Emissão estimada dos GEE	ton/CO2	Menos desenvolvidas	5.830.000,00	4.960.000,00	DGEG

Deste modo é possível definir no âmbito de um Plano de Mobilidade Urbana Sustentável (PMUS) os seguintes objetivos:

- A – Melhorar as condições de atratividade do Transporte Coletivo;
- B – Melhorar as condições de atratividade do transporte em modos suaves;

- C – Melhorar as condições para a intermodalidade;
- D – Melhorar a articulação entre os centros urbanos e as áreas de baixa densidade;
- E – Melhorar a qualidade do espaço público urbano;
- F – Reordenar o estacionamento de veículos privados em meio urbano;
- G – Minimizar, regular e avaliar os impactos do sistema de mobilidade.

Por conseguinte, o indicador de resultados apresentado na Tabela 1 relativo à redução da emissão estimada dos Gases de Efeito de Estufa (GEE) será, sobretudo, alcançado pelo cumprimento dos objetivos A e B. Assim, as ações definidas para atingir estes objetivos terão como principal finalidade a transferência modal do Transporte Individual (TI) para modos mais sustentáveis, Transporte Coletivo (TC) e dos Modos Suaves (MS).

Importa realçar, que a transferência modal do TI para os MS permite eliminar completamente o valor das emissões de GEE (tonCO₂) associadas ao TI. Já, a transferência do TI para o TC permite apenas uma redução parcial dessas emissões, numa ordem de grandeza, de cerca, de 30% do valor da emissão produzida por uma viagem em TI, de acordo com os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Comparação das emissões poluentes por meio de transporte terrestre, por passageiro

	Automóvel	Bicicleta	Autocarro	Comboio
Consumo de energia primária	100	0	30	34
Dióxido de carbono	100	0	29	30
Óxidos de nitrogénio	100	0	9	4
Hidrocarbonetos	100	0	8	2
Monóxido de carbono	100	0	2	1

(Base= 100-automóvel)

(Fonte: IMTT, «Pacote da Mobilidade» - Guia para a elaboração de Planos de Mobilidade de empresas e polos geradores/attractores de deslocações, 2011)

As ações que permitam atingir os restantes objetivos (de C a G) não apresentam uma relação direta com a possibilidade de se verificar alguma transferência modal do TI para os outros modos de transporte. Porém, importa destacar que o cumprimento desses objetivos coopta e contribui para o cumprimento dos objetivos A e B. Por outras palavras, a realização das ações definidas para os objetivos de C a G, contribuirão de forma indireta para permitir alcançar a transferência modal do TI para os MS e para o TC.

Deste modo, foi desenvolvida uma metodologia que visa estimar a diminuição do número de viagens em transporte individual (TI) para que se possa atingir o valor meta, para 2023, de emissões de GEE para um determinado território, relativa ao processo de descarbonização no setor dos transportes, preconizada na Tabela 1.

Metodologia para avaliar a redução das emissões de CO₂

Os modos de transporte motorizados (TI e TC), com motor de combustão interna, produzem diversos tipos de poluentes, entre os quais os GEE. De acordo com a PI 4.5 a Mobilidade Urbana Sustentável deve implementar soluções que contribuam para realizar a designada “descarbonização do setor dos transportes”.

Da análise do processo para quantificar o volume de emissões do setor dos transportes utilizado pelo DGEG é possível concluir que a determinação do indicador de resultado (redução de CO₂) não permite definir estratégias que visem a redução das emissões neste setor, isto é, apenas permite estimar o valor das emissões de GEE. Deste modo, será apresentado neste ponto uma metodologia para estimar o número de viagens nos diferentes modos de transporte motorizados para um determinado volume de emissões de GEE (tonCO₂).

O principal objetivo desta metodologia é estimar o número de viagens em Transporte Individual (motorizado) que deve ser realizada por modos de transporte mais sustentáveis, nomeadamente, os Modos Suaves (pedonal e ciclável) e Transporte Coletivo (autocarros).

De acordo com esta metodologia, apenas os transportes motorizados são responsáveis pela emissão de CO₂. Logo, a avaliação da contribuição dos municípios para o valor global das emissões da Região Norte será estimado considerando a percentagem de viagens pendulares motorizadas realizadas neste território em relação à Região Norte, tendo por base os dados dos movimentos pendulares dos CENSOS 2011, cujos resultados se apresentam na Tabela 3.

Tabela 3. Movimentos pendulares: Casa-trabalho e Casa-escola da população residente

	Automóvel	Transporte Coletivo	Modos não motorizados
Norte	1.276.600	327.768	1.604.368

Fonte: Quadro 6.42 dos CENSOS 2011 do Instituto Nacional de Estatística

Tendo por base os valores de referência das emissões de GEE para o setor dos transportes da Região Norte (Tabela 1) e a percentagem de viagens pendulares referentes a um determinado território é possível estimar os valores de emissões para esse território através de uma relação linear direta entre as emissões produzidas no mesmo e as da região Norte.

Uma vez conhecidos os valores de emissões para o território em estudo é possível determinar qual a redução de emissões de CO₂ que se terá de realizar no setor dos transportes desse território, ou seja, determinar o número de viagens que se tem de transferir do TI para o TC e do TI para os MS.

Deste modo, a estimativa do número de movimentos pendulares em TI que podem ser transferidos para modos de transporte mais sustentáveis resulta da seguinte formulação:

$$V_m = V_i + V_c \quad (1)$$

$$V_i = N M_i \quad (2)$$

$$V_c = N M_c \quad (3)$$

$$E_m = V_i f_i + V_c f_c \quad (4)$$

$$E_m = V_i f_i + r f_i V_c, \text{ com } r = f_c/f_i \quad (5)$$

Onde:

V_m – número de viagens motorizadas

V_i – número de viagens pendulares em transporte individual motorizado

V_c – número de viagens pendulares em transporte coletivo motorizado

N – número médio de viagens pendulares

M_i – número de pessoas que realiza movimentos pendulares (CENSOS) em TI

M_c – número de pessoas que realiza movimentos pendulares (CENSOS) em TC

E_m – Emissões do transporte

f_i – fator de emissão do transporte individual motorizado (ton CO₂/viagem TI)

f_c – fator de emissão do transporte coletivo motorizado (ton CO₂/viagem TC)

$r = f_c/f_i = 29/100 = 0,29$ (ver Tabela 2)

Importa realçar, que no âmbito deste exercício, se considerou que o número médio de viagens diárias resulta do produto de pessoas que realiza movimentos pendulares (movimentos pendulares dos CENSOS) pelo número médio de viagens diárias, que se admite igual a 2,5, considerando que cada indivíduo realiza no mínimo duas viagens (ida e volta) e alguns realizam a mesma viagem na hora de almoço, especialmente para distâncias curtas.

Deste modo, para o ano de referência de 2011, nesse território, resulta:

$$E_m = V_i f_i + r f_i V_c$$

$$f_i = E_m / (V_i + r V_c)$$

Apesar da evolução existente no parque automóvel, por simplificação considera-se que o f_i se

mantém constante entre 2011 e 2023. Porém, caso a informação necessária se encontre disponível será possível estimar um a valor de f_i referente ao ano de 2023. Assim, da aplicação da expressão (5) para o ano 2023 é possível constatar que a resolução conduz a uma solução indeterminada. Deste modo, torna-se necessário desenvolver um processo iterativo para determinar o número de movimentos pendulares (V_i e V_c). Este número resultará de uma transferência de viagens em TI para modos mais sustentáveis, nomeadamente, TC e MS, consoante a estratégia a adotar pelos diferentes territórios.

Aplicação ao território da Comunidade Intermunicipal do Ave (CIM do Ave)

De acordo com esta metodologia, apenas os transportes motorizados são responsáveis pela emissão de CO₂. Logo, a avaliação da contribuição dos municípios para o valor global das emissões da Região Norte será estimado considerando a percentagem de viagens pendulares motorizadas realizadas neste território em relação à Região Norte, tendo por base os dados dos movimentos pendulares dos CENSOS 2011, cujos resultados se apresentam na Tabela 4.

Tabela 4. Movimentos pendulares: Casa-trabalho e Casa-escola da população residente

	Automóvel	Transporte Coletivo	Modos Motorizados
CIM-AVE	156.374	41.852	198.226
Norte	1.276.600	327.768	1.604.368

Fonte: Quadro 6.42 dos CENSOS 2011 do Instituto Nacional de Estatística

Tendo por base os valores de referência das emissões de GEE para o setor dos transportes da Região Norte (Tabela 1) e a percentagem de viagens pendulares da CIM do Ave (Tabela 4) em relação à Região Norte (12,4%), estima-se que os valores de emissões para a CIM do Ave serão de 720.320 e 612.828 tonCO₂ (Tabela 5), para o ano de 2011 e 2023, respetivamente.

Tabela 5. Indicadores de resultados específicos do PO Norte para o objetivo 3.3.1

Indicador	Valor de referência para o ano 2011 (ton CO ₂)	Valor-alvo para o ano 2023 (ton CO ₂)	Unidade territorial
Emissão estimada dos GEE	5.830.000,00	4.960.000,00	Região Norte
	720.320,00	612.828,00	CIM do Ave

Uma vez conhecidos os valores de emissões para a CIM do Ave é possível determinar qual a redução de emissões de GEE que a CIM terá que realizar, mais concretamente de 720.320 para 612.828, ou seja, uma redução de 107.492 tonCO₂. Assim, para que esta redução seja possível, é necessário estimar o número de viagens em transportes motorizados (TI e TC) que deem origem a uma emissão global de 612 828 tonCO₂ em 2023, ou seja, o número de viagens que se tem de transferir do TI para o TC e do TI para os MS.

Deste modo, para o ano de referência de 2011, na CIM do Ave, resulta:

$$Em = V_i f_i + r f_i V_c$$

$$f_i = Em / (V_i + r V_c) = 720\,320 / (2.5 * 156\,374 + 0.29 * 2.5 * 41\,852) = 1,710 \text{ tonCO}_2/\text{ano}$$

Considerando que o f_i se mantém entre 2011 e 2023, então, para o ano 2023, utiliza-se a seguinte expressão para estimar o volume de viagens em TI e TC:

$$Em = V_i f_i + r f_i V_c = 1.710 V_i * 2.5 + 1.710 * 0.29 * V_c * 2.5$$

$$612818 = 4.275 V_i + 1.24 V_c \quad (6)$$

Deste modo, torna-se necessário desenvolver um processo iterativo para determinar o número de

movimentos pendulares (Vi e Vc). Este número resultará de uma transferência de viagens em TI para modos mais sustentáveis, nomeadamente, TC e MS, consoante a estratégia a adotar pela CIM.

Assim, atendendo à tendência negativa que se tem registado na procura do transporte coletivo, a opção estratégica recaiu por uma aposta mais conservativa em relação à transferência do TI para o TC e mais acentuada do TI para os MS. Por outro lado, é possível observar a mesma situação na repartição entre os modos suaves pedonal e ciclável, com uma aposta mais conservativa no modo ciclável face à realidade atual dos padrões de mobilidade na CIM do Ave, conforme é possível observar na Tabela 6.

Tabela 5. Movimentos pendulares: Casa-trabalho e Casa-escola da população residente

	Viagem a pé		Viagem de bicicleta		Total em Modos Suaves	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
CIM-AVE	43485	18,0	390	0,2	43875	18,1
Norte	346.919	17,7	5.761	0,3	352.680	18,0

Fonte: Quadro 6.42 dos CENSOS 2011 do Instituto Nacional de Estatística

Por conseguinte, para garantir um indicador de resultados, emissões de GEE, de 618828 tonCO2 em 2023, apresenta-se a seguinte solução de transferência de viagens pendulares do Transporte Individual para:

- Modos Suaves: 18% (10% pedonal e 8% ciclável), que corresponde a, aproximadamente, 27 712 viagens de carácter pendular;
- Transporte coletivo (autocarro): 5%, que corresponde a, aproximadamente, 7 819 viagens de carácter pendular.

Neste caso, a emissão de GEE em tonCO2 para o setor dos transportes da CIM do Ave, de acordo com a metodologia proposta, estima-se em 610 037 tonCO2 (inferior à meta).

CONCLUSÃO

Da análise da metodologia existente para quantificar o volume de emissões do setor dos transportes utilizado pela Direção Geral de Energia e Geologia é possível concluir que a determinação desses valores não permite definir estratégias que visem a redução das emissões neste setor. Deste modo, a metodologia desenvolvida e apresentada neste trabalho permitirá estimar o valor correspondente a um número de viagens de transporte motorizados para um determinado volume de emissões de GEE (tonCO2) e assim definir o quadro da repartição modal mais eficiente para os padrões de mobilidade urbana a atingir por um, ou vários, municípios de uma região.

Assim, neste artigo apresentou-se uma metodologia com o objetivo de estimar a diminuição do número de viagens em transporte individual, que possam ser transferidas para modos de transporte mais eficientes e menos poluentes, como o autocarro e os modos ativos, de modo a que se possa atingir o valor meta de CO2 para 2023. Nesta situação apresentou-se uma aplicação à Comunidade Intermunicipal do Ave, para promover uma mobilidade urbana mais eficiente e descarbonizada onde através do cumprimento de um conjunto de objetivos específicos que visam a melhoria das condições de mobilidade do transporte público coletivo e dos modos suaves em detrimento das que se destinem ao automóvel, foi possível concluir que com uma transferência modal do transporte individual de 10%, 8% e 5% de viagens a pé, de bicicleta e de autocarro, respetivamente, permite potencialmente contribuir para uma redução de cerca de 140000 toneladas de CO2 entre 2011 e 2023, cumprindo desta feita o estabelecido pelo PO Norte.

REFERÊNCIAS

- Banister, D. 2011a. The trilogy of distance, speed and time. *Journal of Transport Geography*, 19, 950-959.
- Banister, D. 2011b. Cities, Mobility and Climate Change. *Journal of Transport Geography*, 19, 1538-1546.
- Cepeda, M., Schoufour, J., Freak-Poli, R., Koolhaas, C. M., Dhana, K., Bramer, W. M. & Franco, O. H. 2017. Levels of ambient air pollution according to mode of transport: A Systematic review. *The Lancet Public Health*, 2, E23-E34.
- Faherty, T. R. & Morrissey, J. E. 2014. Challenges to active transport in a car-dependent urban environment: a case study of Auckland, New Zealand. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11, 2369-2386.
- Figuerola, M. J., Fulton, L. & Tiwari, G. 2013. Avoiding, Transforming, Transitioning: Pathways To Sustainable Low Carbon Passenger Transport in Developing Countries. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5, 184-190.
- Hickman, R., Hall, P. & Banister, D. 2013. Planning more for sustainable mobility. *Journal of Transport Geography*, 33, 210-219.
- Hiselius, L. W. & Rosqvist, L. S. 2016. Mobility management campaigns as part of the transition towards changing social norms on sustainable travel behavior. *Journal of Cleaner Production*, 123, 34-41.
- Laumbach, R. J. & Kipen, H. M. 2012. Respiratory health effects of air pollution: Update on biomass smoke and traffic pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 129, 3-11.
- Litman, T. & Burwell, D. 2006. Issues in Sustainable Transportation. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6, 331-347.
- Nakamura, K. & Hayashi, Y. 2013. Strategies and Instruments for Low-Carbon Urban Transport: An International Review on Trends and Effects. *Transport Policy*, 29, 264-274.
- Redman, L., Friman, M., Gärling, T. & Hartig, T. 2013. Quality attributes of public transport that attract car users: A Research Review. *Transport Policy*, 25, 119-127.
- Silva, C. 2013. Structural accessibility for mobility management. *Progress In Planning*, 81, 1-49.
- Silva, C., Reis, J. P. & Pinho, P. 2014. How urban structure constrains sustainable mobility choices: comparison of Copenhagen and Oporto. *Environment And Planning B: Planning And Design*, 41, 211-228.
- Tørnblad, S. H., Kallbekken, S., Korneliussen, K. & Mideksa, T. K. 2014. Using mobility management to reduce private car use: results from a natural field experiment in Norway. *Transport Policy*, 32, 9-15.
- Zhang, K. & Batterman, S. 2013. Air pollution and health risks due to vehicle traffic. *Science of the Total Environment*, 450, 307-316.