

Anteprojeto de Dissertação/Projeto/Estágio 2021/2022
**Mobilidade inteligente e sustentável entre
a cidade e o porto de Aveiro**

Dissertação

89207 – José Fernando Brito Mesquita

6 de fevereiro de 2022

Palavras Chave

Portos Cidades Mobilidade Urbana
Mobilidade como um Serviço (MaaS)

Keywords

Ports Cities Urban Mobility
Mobility as a Service (MaaS)

Resumo

Sustentabilidade é, cada vez mais, um conceito importante no setor dos transportes e, também, no setor europeu da navegação marítima e interior.

Segundo a União Europeia, é fulcral transferir para outros modos, como o ferroviário ou o marítimo/fluvial, até 2030, 30% do tráfego rodoviário de mercadorias em distâncias superiores a 300 km, e mais de 50% até 2050, com a ajuda de corredores eficientes e ecológicos.

A adoção de soluções multimodais é essencial para aumentar a eficiência das cadeias de abastecimento, principalmente no que diz respeito à logística de último quilómetro. Além disso, a implementação de medidas de mobilidade, como serviços de mobilidade partilhada, melhoria dos transportes públicos, carros elétricos, bicicletas e/ou trotinetes, ciclovias, entre outras, são importantes para melhorar a mobilidade urbana nas cidades portuárias. Esta dissertação tem dois objetivos principais: primeiramente, melhorar a implementação de medidas integradas de mobilidade nos portos, com o objetivo de reduzir a pegada carbónica promovendo a eficiência no uso da infraestrutura de transporte e mobilidade de/para/no Porto, nomeadamente através da transição energética, TIC e digitalização; como segundo objetivo, importa definir e implementar a o conceito *MaaS* tanto para o transporte de mercadorias como de passageiros nos portos (incluindo de/para os portos da cidade).

A metodologia será aplicada ao estudo do caso de Aveiro, Portugal, que possui um porto localizado a 8km do centro da cidade. Será utilizado o software de simulação de fluxo de tráfego, VISSIM. Deste modo, vários cenários serão desenvolvidos. O cenário base consiste na avaliação dos atuais desafios de mobilidade entre o centro urbano, ou outras origens principais, e o porto. De seguida, importa analisar a implementação de medidas integradas de mobilidade inteligente e sustentável que visem reduzir a pegada de carbono. Depois, será estudado o uso de soluções de mobilidade elétrica e biocombustíveis avançados, entre os dois meios. Por fim, o cenário final corresponde à implementação do conceito *Mobility as a Service (MaaS)* para o transporte de mercadorias, bem como de passageiros, entre a cidade e o Porto de Aveiro.

Sinteticamente, espera-se confirmar o impacto ambiental positivo que soluções de mobilidade elétrica e biocombustíveis podem ter nos meios de transporte, principalmente rodoviário, de e para o porto. Prevê-se também que com os pacotes de *MaaS* se consigam obter resultados positivos a nível de emissões, bem como de gestão de tráfego.

Abstract

Sustainability is becoming increasingly important in the transport sector, and thus also in the European maritime and inland navigation sector. According to the EU, it is crucial to transfer 30% of road freight traffic over distances of more than 300 km to other modes, as rail or sea/water, by 2030, and more than 50% by 2050, with the help of ecological corridors. The adoption of multimodal solutions is essential to increase the efficiency of supply chains, particularly with respect to last-mile logistics. Additionally, the implementation of mobility measures, such as shared mobility services, improved public transport, electric powered cars, bicycles and/or scooters, bicycle lanes, among others, are important to improve urban mobility in port cities.

The main objectives of this paper are twofold: first, to improve the implementation of integrated mobility measures in the Ports with the goal of reducing carbon footprint by promoting the efficiency in the use of transport infrastructure and smart mobility to/from/in the Port, namely through energy transition, ICT and digitalization; and second, to define and implement the idea of the *MaaS* concept both for freight and passenger transport in Ports (including the connection to/from city Ports). The methodology will be applied to the case study of Aveiro, Portugal, which has a Port located 8 km from the city centre. The traffic flow simulation software, VISSIM, will be used. For this, several scenarios will be developed. The baseline scenario will consist of the current assessment of mobility challenges between the urban centre, or other main origins, and the port. Hereafter, it matters to analyse the implementation of integrated measures for smart and sustainable mobility that aim to reduce the carbon footprint. Afterwards, the use of electric mobility solutions and advanced biofuels, between the two sites, will be studied. The last scenario will consist in the implementation of Mobility as a Service (*MaaS*) concept for the transport of goods and passengers.

In summary, it is expected to confirm the positive environmental impact of integrated mobility measures, electric mobility solutions and biofuels in the mobility to/from/in the port. It is also expected that the *MaaS* packages will achieve positive results in terms of emissions, as well as traffic management

1. Enquadramento

Este documento surge no âmbito da inscrição na unidade curricular de ADPE, precedente da unidade de DPE, no próximo semestre.

No pacto ecológico europeu surgiu um comprometimento comum em reduzir as taxas de emissões poluentes dos transportes. Reduzir os impactos do setor no meio ambiente, incentivar a transição do transporte individual de passageiros para transportes coletivos, assim como do transporte rodoviário de mercadorias para o respetivo transporte ferroviário, são objetivos fulcrais e já expressos pela União Europeia nas suas políticas de transporte.

Segundo a comissão europeia, em dados transcritos do *EUROSTAT*, a UE está extremamente dependente dos portos marítimos - 74 % das mercadorias importadas e exportadas, assim como 37 % das trocas comerciais na União, transitam pelos portos marítimos.

Em 2019, já em território nacional, 87% da distribuição de mercadorias fez-se a partir de meios rodoviários, sendo que mais de metade do transporte de mercadorias chega e parte ao nosso país pela via marítima.

Estas duas estatísticas demonstram uma forte pressão no funcionamento dos portos marítimos, e, por inerência, nos meios de mobilidade adjacentes – o grande foco de estudo da presente dissertação.

O transporte marítimo é responsável por 2,5% das emissões dos gases efeito de estufa, e os portos, sendo *hubs* para a mobilidade inteligente e sustentável, fazem parte do caminho para reduzir a pegada carbónica no futuro.

Urge, no presente, visualizar o porto marítimo como um ecossistema aberto, com diferentes relações simbióticas com elementos externos. Essas sinergias passam pelo estudo das formas de transportes de e para o porto. A interface entre os portos e os centros urbanos afeta, em muitos casos, os níveis de congestionamento das vias de transporte, afetando a sustentabilidade da cidade como um todo.

Esta dissertação foca-se no porto de Aveiro, que se enquadra no leque de portos de pequena/média dimensão, importantíssimos nas cadeias logísticas globais, dado que suportam 90% da movimentação de mercadorias marítimas em todo o mundo.

A elaboração da dissertação está a ser orientada pela professora Margarida Coelho e pelo professor Joaquim Macedo.

2. Objetivo

O objetivo central da dissertação consiste em perspetivar a implementação de sistemas avançados de mobilidade entre a cidade e o Porto de Aveiro. Para isso, serão desenvolvidos diversos cenários que, por si só, serão objetivos específicos do trabalho.

O primeiro objetivo específico consistirá na avaliação atual dos desafios de mobilidade entre a cidade e o Porto de Aveiro.

Seguidamente, será analisada a implementação de medidas integradas de mobilidade inteligente e sustentável que tenham como intuito a redução de pegada de carbono.

Depois, será estudado o uso de soluções de combustíveis e/ou modos de propulsão alternativos. Por fim, o objetivo é analisar a viabilidade da implementação do conceito *Mobility as a Service (MaaS)* para o transporte de mercadorias, bem como de passageiros, entre a cidade e o Porto de Aveiro.

Para a criação e estudo destes cenários, será utilizado o software de simulação de fluxo de tráfego multimodal microscópico, *VISSIM*.

3. Análise do estado da arte

Neste capítulo será feita uma síntese da verificação do conteúdo científico existente acerca das diversas vertentes desta dissertação.

Este capítulo parte do estudo generalista dos desafios e das respostas que as cidades portuárias apresentam, atualmente, relativamente aos sistemas de transportes. Depois, avaliar-se-ão estudos relativos ao impacto de medidas integradas inteligentes, como a digitalização dos portos. Posteriormente, serão analisados casos de estudo relativamente à aplicação do conceito *MaaS*, tanto para transporte de mercadorias como de passageiros.

3.1 Desafios e respostas das cidades portuárias

É usual o transporte de mercadorias, de e para o porto, gerar um aumento do tráfego nas zonas onde circulam. Essas zonas podem ser, por si só, zonas de tráfego elevado, resultado em problemas como congestionamento, acidentes e poluição atmosférica. O Porto de Shenzhen é um dos portos mais movimentados, globalmente. Associado a isso, chegando ao Porto, 70% do transporte de mercadorias interno é feito por transporte rodoviário, agravando todos os problemas previamente mencionados. A implementação de sistemas de transportes multimodais permitiria reduzir o volume de transporte de mercadorias rodoviário nos maiores corredores logísticos da cidade. Isso foi provado desenvolvendo cenários que potenciam o uso de transporte de mercadorias ferroviário e a partir de meios marítimos. Desse modo, seria possível reduzir o tráfego supramencionado em aproximadamente 70%, reduzindo drasticamente as emissões poluentes. Por fim, comprovou-se que as reduções poluentes no transporte rodoviário foram muito maiores que o aumento de emissões derivado da transição para o transporte ferroviário e marítimo. No melhor cenário, poder-se-ia reduzir as emissões em 8881, 104.8 e 688e3 ton em relação a NO_x , O_3 e CO_2 , respetivamente (J. Zhang et al., 2021).

Na cidade de Szczecin, no Noroeste da Polónia, foram explorados os efeitos de uma possível reconfiguração do sistema rodoviário junto ao seu Porto. Em causa estão 17 estradas principais, associadas às suas ramificações, que representam 9812km. O projeto não altera o comprimento das estradas, mas outros fatores. Seria aumentada a carga por eixo, seriam alargadas certas secções da via, seriam reconstruídas vias de entrada e saída, reduzir-se-ia o raio de curvatura da estrada em certas secções, seriam redefinidos alguns cruzamentos e aumentar-se-ia o número de estacionamento para camiões de transporte. Segundo os autores, tendo em consideração a interação entre os diferentes utilizadores da via, conseguir-se-ia um aumento da velocidade média dos camiões. Este fator resultaria num aumento de sustentabilidade em 3 vetores – económico, social e ambiental (Bernacki & Lis, 2021).

O porto de Roterdão, um dos portos mais movimentados da Europa, pretende liderar o setor na tendência da UE associada aos Green Ports. Para a gestão municipal, isso implica ter como objetivo reduzir as emissões de dióxido de carbono em 49% até 2030. Deste modo, importa conseguir um sistema de transporte logístico o mais eficiente possível, ou seja, reduzir a distância percorrida pelos veículos de transporte, e reduzir as emissões desses mesmos veículos. Nesse sentido, a gestão municipal pretende criar uma zona de zero emissões (ZEZ). Esse processo teria de ser auxiliado pela criação de zonas de consolidação urbana, (UCCs), que consistem num centro logístico fora da zona central da cidade, significando a adição de mais um nível na cadeia logística. Neste cenário, cada segmento logístico tem as suas próprias características e usará soluções diferentes. Para serviços de entrega mais pequenos, provavelmente deixar-se-ia de utilizar camiões para utilizar bicicletas de carga ou pequenos veículos com motorização elétrica (LECVs). Para transportes maiores seria feita a transição para veículos elétricos ou movidos a biocombustíveis. Os resultados deste estudo provaram que as emissões nas zonas de zero

emissões seriam, de facto, drasticamente reduzidas, num valor próximo dos 90%. Esta redução, na escala de toda a cidade, significa uma baixa de 10%, um valor a ter em conta para atingir a meta de redução de emissões de dióxido de carbono em 49% até 2030. Ainda assim, não se conseguiu atingir o objetivo de tornar as cadeias mais eficientes, dado que se atingiu um aumento da distância percorrida fora da ZEZ, em cerca de 0,25%. Este pequeno aumento está relacionado com a redefinição de rotas que a criação de novas UCCs gerou (de Bok et al., 2021).

3.2 Medidas integradas inteligentes

O porto de Catânia enfrenta um problema na mobilidade interior do porto, existindo uma sobreposição dos transportes relativos à ação do porto, maioritariamente transportes pesados e ligeiros (neste caso particulares). Esta sobreposição existe pelo facto de haver estacionamento gratuito que, devido à proximidade do porto ao centro, o torna um estacionamento apetecível para o cidadão comum. Neste contexto, a gestão portuária está a considerar a introdução de taxas para veículos particulares poderem utilizar o estacionamento, criando no interior do Porto uma mentalidade de uso de mobilidade não motorizada. Ainda no porto de Catânia, existe a oportunidade de usar um sistema de monitorização de tráfego, com mecanismos de previsão e estimativa, desenvolvido pela universidade local. Consiste numa rede de sensores de radar instalados na área urbana e um software de previsão e estimativa de tráfego online, combinando a atribuição dinâmica com medidas e eventos de tráfego em tempo real. Estes dados poderiam ajudar o porto a aplicar certas medidas, como a redução de transporte em horas de pico e redefinição de rotas (Ignaccolo et al., 2020).

Como parte do projeto SUMPORT, diversos planos de mobilidade urbana sustentável têm sido realizados. Na cidade de Koper, na Eslovénia, um dos maiores portos do norte Adriático, foi adotada uma estratégia integrada de mobilidade em 2017. Para potenciar o uso de transportes públicas para deslocação de pessoas ao porto, a cidade implementou o uso de sensores GPS nos autocarros, bem como ecrãs informativos em cada paragem. Para além disso desenvolveram um sistema inteligente de estacionamento, usando sensores para expor a disponibilidade de lugares perto das paragens de autocarro. Todos estes desenvolvimentos foram acompanhados por uma aplicação para telemóvel com estas informações em tempo real. Com um orçamento total de 150 mil euros, a estratégia de transporte sustentável e integrada foi reforçada e os resultados foram extremamente positivos. À altura do estudo ainda não tinha passado um ano desde a implementação, mas a estimativa aponta que 1/3 dos passageiros anuais passaria a usar transportes públicos ao invés do carro, resultando numa redução de 2.25 milhões de km, anualmente. Além disso, a satisfação dos passageiros provou-se alta devido ao aumento de possibilidades de meios de transporte. (Miltiadou et al., 2021).

As tecnologias de informação e comunicação (TIC), permitem-nos trabalhar a partir de casa, ter reuniões online e, conseqüentemente, reduzir as deslocações a um espaço de trabalho físico, permitindo diminuir a emissão de gases efeito de estufa. Bieser & Hilty, (2018), estimaram o impacto da implementação dos TIC na redução da emissão de GEE na Suíça. A implementação dos TIC seria feita através de várias modalidades, onde se incluem a redução/otimização do tráfego rodoviário e logística inteligente. Partindo da estimativa do nível de adoção em todas as modalidades, em 2030, concluíram que seria possível reduzir as emissões de CO₂ em 3,98 megatonelada (Mt) por ano, já em 2030. A grande fatia da redução deriva das duas modalidades previamente referidas (otimização do tráfego rodoviário e logística inteligente), que somadas representam aproximadamente 2,2 Mt da redução.

3.3 Mobility-as-a-Service

O conceito Mobility as a Service, posteriormente referido como MaaS, oferece uma solução agregadora de modos eficientes de transporte. Esses modos podem ser públicos, privados, ou assente num método de partilha. O conceito MaaS está a crescer, tanto na teoria como na prática, estando, segundo a definição anterior, já implementado em vários países (Wong et al., 2018).

De acordo com Alonso-González et al., (2020) e Storme et al., (2020), existe alguma discussão e volatilidade relativamente ao conceito, mas existe um consenso relativamente a:

1. Foca-se na dinâmica do utilizador, oferecendo serviços de mobilidade multimodal a partir das preferências do cliente e nas suas características.
2. Segue um modelo de distribuição de mobilidade que integra o planeamento da viagem do início ao fim, com sistema de compra, emissão de bilhetes eletrónicos e serviços de pagamento em todos os modos de transporte disponíveis.
3. É fornecido aos viajantes por meio de uma plataforma digital única (ou aplicação móvel) fácil de usar.

Cruz & Sarmiento, (2020), estudaram o mercado relacionado com serviços de mobilidade na cidade de Lisboa, assim como a implementação de MaaS. De acordo com o estudo, um indivíduo que queira ter acesso às aplicações mais usadas para o uso de transportes e acesso a mapas e zonas de estacionamento, precisa de ter 17 aplicações no seu telemóvel. Isto é uma motivação ao desenvolvimento de uma app única que se insira no conceito MaaS, por duas razões: primeiro, porque é do agrado do utilizador centralizar toda a informação num único sítio, não só por razões de acessibilidade, como por razões técnicas relacionadas com a memória do telemóvel; segundo, porque o desenvolvimento de várias apps permitiu um alto nível de maturidade nas soluções existentes, sendo que os utilizadores estão cada vez mais familiarizados com este tipo de experiências.

No decorrer da pesquisa, não foram encontrados estudos acerca da implementação de MaaS num contexto portuário. Este facto prova a falta de conteúdo científico que ainda existe neste tema.

Labee et al., (2022), analisaram o impacto da implementação de MaaS na cidade de Amesterdão, na Holanda. O estudo das emissões foi feito com o Albatross, que simulou os horários de atividades e viagens dos cidadãos, já os fatores de emissões foram calculados com o suporte do COPERT. No cenário mais conservador as emissões diminuíram cerca de 4%, num cenário mais razoável entre 14 a 17% e no mais otimista entre 43 e 54%. O cálculo das emissões parte do pressuposto que todos os novos meios associados ao MaaS terão 0 emissões. Como é visível, existe uma discrepância muito grande entre os diversos cenários, o que prova a importância de fazer uma gestão das expectativas acerca dos benefícios que o MaaS pode trazer a uma cidade. Este estudo demonstrou que se o serviço for altamente atraente para os cidadãos pode levar a uma diminuição das emissões na zona de estudo. O artigo também demonstrou a importância da análise se fazer a nível local, onde se consigam agrupar características que permitem a uniformização dos bundles e a redução do número de variáveis a estudar.

4. Plano de trabalhos

A dissertação de mestrado divide-se em 5 tarefas principais.

4.1 Tarefa 1 – Introdução e Estado-da-Arte

Na introdução é feito um enquadramento ao tema, sendo dada uma visão generalista do setor dos transportes à escala global, explanando a sua importância e o seu impacto ambiental. No estado-da-arte é aglomerada literatura técnica acerca dos desafios e respostas que as cidades portuárias apresentam, atualmente, nos sistemas de transportes. Depois, avaliar-se-ão estudos relativos ao impacto de medidas integradas inteligentes, como a digitalização dos portos. Serão, também, revistas as consequências da eletrificação e do uso de biocombustíveis avançados nos transportes rodoviários logísticos. Posteriormente, serão analisados casos de estudo relativamente à aplicação do conceito MaaS, tanto para transporte de mercadorias como de passageiros. Por fim, serão revistos casos de estudo que utilizem ferramentas de simulação de fluxo de tráfego multimodal microscópico

4.2 Tarefa 2 – Monitorização Experimental

A tarefa começa com o desenvolvimento de um plano experimental que sintetize os pontos de recolha de dados bem como os recursos humanos necessários. Idealmente a recolha de dados é feito ao longo de três dias.

4.3 Tarefa 3 – Modelação cenário base

Usando o software *VISSIM*, será caracterizada a rede rodoviária para o caso de estudo definido.

Deste modo, a tarefa inicia com a codificação do modelo, sendo posteriormente feita a calibração e validação do mesmo.

4.4 Tarefa 4 – Definir, desenvolver e analisar cenários

Na tarefa 4 serão testados diferentes cenários, com 3 âmbitos diferentes:

1. Digitalização
2. Eletrificação e biocombustíveis
3. Mobility-as-a-Service

Os testes requerem a alimentação da codificação com, por exemplo, volumes de entrada previamente observados na monitorização experimental ou fornecidos por entidades competentes.

4.5 Tarefa 5 – Escrita da dissertação e artigo científico

A tarefa consiste na escrita da dissertação de mestrado. A par disso, será desenvolvido um artigo científico, “Smart and Sustainable Mobility in Port Cities” para submissão à conferência TIS Roma 2022 (“Transport Infrastructure and Systems - International Congress”).

5. Calendarização

Calendarização	Março				Abril				Maio				Junho			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A1. Introdução e estado-da-arte																
A2. Monitorização Experimental																
A3. Modelação cenário base																
A4. Definição e desenvolvimento dos cenários																
A5. Escrita da Dissertação/Artigo																
Metas																
M1 - Estado-da-arte finalizado																
M2 - Monitorização experimental finalizada																
M3 - Avaliação do paradigma atual realizado																
M4 – Análise dos resultados dos cenários																
Entregáveis																
E1 - Base de dados parâmetros tráfego																
E2 - Base computacional da rede construída																
E3 - Modelação e análise de diferentes cenários																
E4 - Artigo científico																
E5 - Dissertação de mestrado																

Referências

- Alonso-González, M. J., Hoogendoorn-Lanser, S., van Oort, N., Cats, O., & Hoogendoorn, S. (2020). Drivers and barriers in adopting Mobility as a Service (MaaS) – A latent class cluster analysis of attitudes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 378–401. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.11.022>
- Bernacki, D., & Lis, C. (2021). Exploring the sustainable effects of urban-port road system reconstruction. *Energies*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/en14206512>
- Bieser, J. C. T., & Hilty, L. M. (2018). Indirect Effects of the Digital Transformation on Environmental Sustainability: Methodological Challenges in Assessing the Greenhouse Gas Abatement Potential of ICT. In *EPIc Series in Computing* (Vol. 52).
- Cruz, C. O., & Sarmiento, J. M. (2020). “Mobility as a service” platforms: A critical path towards increasing the sustainability of transportation systems. *Sustainability* (Switzerland), 12(16). <https://doi.org/10.3390/SU12166368>
- de Bok, M., Tavasszy, L., Kourounioti, I., Thoen, S., Eggers, L., Nielsen, V. M., & Streng, J. (2021). Simulation of the impacts of a zero-emission zone on freight delivery patterns in rotterdam. In *Transportation Research Record* (Vol. 2675, Issue 10, pp. 776–785). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/03611981211012694>
- Ignaccolo, M., Inturri, G., Giuffrida, N., Torrisi, V., & Cocuzza, E. (2020). Sustainability of Freight Transport through an Integrated Approach: The Case of the Eastern Sicily
- Labee, P., Rasouli, S., & Liao, F. (2022a). The implications of Mobility as a Service for urban emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102, 103128. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103128>
- Miltiadou, M., Taxiltaris, C., Mintsis, G., Basbas, S., Tsoukala, A., Fylaktakis, A., & Panousi, E. (2021). Case studies of sustainable urban mobility plans and measures implemented in the framework of the sumport project. *WIT Transactions on the Built Environment*, 204, 259–273. <https://doi.org/10.2495/UT210211>
- Storme, T., de Vos, J., de Paepe, L., & Witlox, F. (2020). Limitations to the car-substitution effect of MaaS. Findings from a Belgian pilot study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.032>
- Wong, Y. Z., Hensher, D. A., & Mulley, C. (2018). INSTITUTE of TRANSPORT and LOGISTICS STUDIES Emerging transport technologies and the modal efficiency framework: A case for mobility as a service (MaaS).
- Zhang, J., Zhang, S., Wang, Y., Bao, S., Yang, D., Xu, H., Wu, R., Wang, R., Yan, M., Wu, Y., & Hao, J. (2021). Air quality improvement via modal shift: Assessment of rail-water-port integrated system planning in Shenzhen, China. *Science of the Total Environment*, 791. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148158>