

AVALIAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DE INFORMAÇÃO DE BASE PARA MODELAÇÃO DE TRANSPORTES

Jorge Humberto Gaspar Gonçalves^{1,3}; Álvaro Jorge da Maia Seco^{2,3}; Michael Heinrich Josef Mathias¹

¹ Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Faculdade de Engenharia, Edifício II das Engenharias, Calçada do Lameiro, 6200-001, Covilhã, Portugal

email: jorge@ubi.pt <https://www.ubi.pt>

² Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Polo II - Pinhal de Marrocos, 3030 Coimbra, Portugal;

³ CIEC – Centro de Investigação em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Portugal;

Sumário

A elaboração de modelos de transportes para a replicação de comportamentos dos cidadãos requer informação de base fidedigna, cuja obtenção é frequentemente muito onerosa. Se em muitos estudos levantamentos de informação específica são inevitáveis, dados há cuja recolha em estudos pré-existentes realizados por entidades idóneas apresenta um elevado potencial e cuja disponibilização pública e utilização em múltiplos estudos torna os mesmos mais eficientes. O presente trabalho pretende apresentar algumas orientações para a recolha futura de dados sobre a mobilidade dos cidadãos de forma a permitir um pleno aproveitamento de todo o seu potencial para o planeamento de transportes.

Palavras-chave: Modelação de Transportes; Recolha de dados; Inquéritos à mobilidade; Informação sobre sistemas de transportes.

1 INTRODUÇÃO

È internacionalmente aceite que o desenvolvimento socioeconómico sustentável das áreas urbanas no futuro passa por uma política urbana que organize e coordene os diferentes subsistemas que necessariamente coexistem nas mesmas. Um dos sistemas mais relevantes, com forte impacto no desenvolvimento dos restantes, é o sistema de transporte. No seu planeamento integrado um dos fatores mais relevantes é a informação de base que caracterize o mesmo no passado, no presente e, eventualmente, a sua evolução para o futuro. Para a modelação de sistemas de transportes é corrente recorrer a modelações matemáticas para a avaliação do seu comportamento a médio e longo prazo. Esta modelação requer informação fidedigna cuja obtenção é, frequentemente, muito onerosa. Se em muitos estudos levantamentos de informação específica são inevitáveis, dados há cuja recolha em estudos pré-existentes realizados por entidades idóneas apresenta um elevado potencial, quer em quantidade quer em riqueza de dados, cuja disponibilização pública e utilização em múltiplos estudos torna os mesmos mais eficientes.

2 RELEVÂNCIA DO TEMA

Atendendo aos elevados custos temporais, financeiros e de meios humanos para realizar campanhas de recolha de dados de base exaustivas de forma a avaliar a influência de diferentes fatores nas opções de transporte de distintos grupos de cidadãos em diversos cenários, é frequente recorrer a dados pré-existentes recolhidos por instituições (geralmente públicas) idóneas e credíveis. Apesar da existência de dados provenientes de estudos particulares, a sua divulgação e cedência pública é substancialmente limitada atendendo a questões de sigilo profissional impostas pelas entidades particulares promotoras dos mesmos. No entanto, em casos de eventual divulgação e cedência de dados por parte de entidades públicas, nem sempre são compatíveis com as

necessidades específicas de determinados estudos levando a que grande parte do potencial de informação recolhido não seja devidamente aproveitado. No sentido de contribuir para que futuras recolhas de informação, nomeadamente no que concerne a questões de mobilidade, possam ser plenamente aproveitadas, apresentam-se as principais dificuldades verificadas, e ensinamentos retirados de um trabalho de investigação sobre modelação de transportes [1] suportada por uma extensa base de dados recolhida pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) no Inquérito à Mobilidade na Área Metropolitana do Porto (AMP) em 2000 [2]. Esta base de dados recolheu informação sobre as viagens diárias em dias de semana (apesar de não terem sido consideradas, também estavam disponíveis informações sobre viagens ao fim de semana), sobre cada indivíduo que as realizou e sobre as características do seu agregado familiar. A base de dados incluía ainda informação não utilizada sobre a avaliação da qualidade do sistema de transportes por cada um dos inquiridos. A esta informação acrescentou-se informação recolhida pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) para a Autoridade Metropolitana de Transportes do Porto (AMTP) sobre a oferta de Transportes Coletivos, nomeadamente autocarros, e sobre a oferta de estacionamento no concelho do Porto [3], ajustados de forma a refletir a realidade em 2000. Segundo o INE [2], o inquérito à mobilidade da população residente no ano 2000 foi realizado entre Abril e Junho de 2000 por entrevista direta e com inquéritos por amostragem, com unidade igual à subsecção estatística, área homogénea que costuma corresponder ao quarteirão em áreas urbanas e a lugares ou parte de lugares nas áreas rurais. A amostra foi dimensionada para ser representativa ao nível da freguesia para os concelhos do Grande Porto e ao nível do concelho para os restantes concelhos, atendendo aos Censos de 1991, admitindo-se um erro de amostragem de aproximadamente 10% (por concelho ou freguesia) para um intervalo de confiança para o total de 95%. O inquérito envolveu um total de 213 727 inquéritos, correspondendo a 506 715 viagens realizadas em dias úteis na AMP. Os dados recolhidos, extrapolados para o universo em análise, são equivalentes a 2 736 614 indivíduos e 6 801 867 viagens realizadas pelos mesmos. Para o Grande Porto o número de indivíduos da amostra foi de 137 804 (64,5%) do total de indivíduos entrevistados em toda a AMP [2].

3 DIFICULDADES ENCONTRADAS

A utilização de levantamentos pré-existentes, não especificados para determinado objetivo mas para outros mais abrangentes, leva à existência de algumas inconsistências que por vezes limitam o aproveitamento pleno de todo o potencial de informação disponível. Atendendo ao objetivo do levantamento do INE, a análise da mobilidade na AMP, houve alguns aspetos metodológicos na definição das variáveis recolhidas que deveriam ser revistos em trabalhos futuros, já que não implicam custos financeiros significativos e permitiriam potenciar significativamente a utilidade da base de dados resultante. Dos problemas encontrados salientam-se os seguintes:

- A informação recolhida sobre o motivo da viagem não distinguiu a realização de compras da obtenção de serviços financeiros ou públicos. Esta distinção poderia ser útil para o planeamento de sistemas urbanos uma vez que são dois tipos de viagens bastante comuns mas com características/necessidades operacionais diferentes. Como exemplo destas características distintas podem referir-se os períodos de procura de estacionamento acumulado ou os distintos picos de atração de viagens para compras em períodos festivos como o Natal, entre outros;
- A informação da idade do inquirido foi codificada em escalões etários quinquenais normalmente utilizados nos censos populacionais do INE, limitando a utilização da mesma pela incoerência nos limites dos escalões principalmente até aos 20 anos. Os escalões utilizados definem idades dos 0 aos 4 anos, dos 5 aos 9 anos, dos 10 aos 14 anos e dos 15 aos 19 anos, cuja segmentação aparentemente não tem uma justificação totalmente lógica na ótica de estudos de transportes.
- Um problema similar foi detetado na codificação do rendimento líquido mensal do agregado numa variável discreta definida por classes com intervalos de 500€, cuja agregação limita a sua utilização. Durante o estudo [1] verificou-se que esta limitação poderia reduzir o potencial poder explicativo desta informação em modelos de transporte devido à impossibilidade de uma diferenciação mais precisa das condições financeiras do agregado ou do valor do tempo para cada indivíduo. Atendendo à relutância natural de parte dos inquiridos numa resposta precisa a esta questão, a sua obtenção de forma fidedigna poderá revelar-se difícil, devendo ponderar-se a utilização variáveis indiretas eventualmente caracterizadoras do nível de rendimentos do agregado. Uma variável que revelou elevado potencial para substituir, em parte, o nível de

rendimento do agregado foi a taxa de motorização familiar, nas suas diferentes especificações (*per capita*, por adulto ou por encartado).

- Apesar de no inquérito original supostamente se diferenciarem as condições de acesso ao automóvel na família, distinguindo condutores e o número de passageiros, na base de dados utilizada esta distinção não estava disponível, limitando a análise de comportamentos distintos entre condutores (e nomeadamente entre condutores habituais e ocasionais) e passageiros.
- Na definição do modo de transporte coletivo possível de utilizar não foi possível especificar qual a carreira escolhida ou quais as alternativas disponíveis, inviabilizando a avaliação concreta das características de cada viagem bem como a caracterização específica das alternativas disponíveis.
- Estudos de mobilidade que pretendam servir de base para modelos de escolha discreta necessitam de informação relevante mesmo das alternativas não escolhidas, limitação que inquéritos à mobilidade tradicionais não conseguem colmatar.
- Na informação recolhida sobre o custo do estacionamento e da viagem em transportes coletivos, a sua agregação em custos mensais impossibilitou a avaliação do impacto mais preciso desses custos entre ou nas zonas de geração e de atração, ou para as diferentes viagens do dia.
- A informação sobre a origem e o destino das viagens suscitou problemas na localização exata das mesmas devido ao tamanho de algumas zonas de tráfego utilizadas, coincidindo com as unidades estatísticas do INE. Este zonamento dificulta significativamente a definição da real distância percorrida em cada viagem, quando existem múltiplos caminhos ou quando o tamanho e homogeneidade das zonas não permitem aferir com rigor os locais de geração e/ou atração das mesmas.

Além das dificuldades encontradas na utilização de parte dos dados obtidos através do inquérito à mobilidade, apresentam-se ainda outras resultantes da recolha de dados de sistemas de transporte existentes, nomeadamente de serviços de transportes coletivos e sobre a gestão de estacionamentos [1]:

- Verificou-se uma acentuada falta de organização e abertura de muitos operadores privados exploradores de carreiras suburbanas ou de serviços em meios urbanos mais pequenos, recusando a divulgação de dados como horários, trajetos e paragens, bem como a sua definição concreta em suporte físico ou digital.
- O problema referido anteriormente reflete as falhas existentes à data da recolha de dados na entidade reguladora da área dos transportes de passageiros, o Instituto da Mobilidade e dos Transportes (IMT), cuja monitorização da qualidade e do cumprimento das adjudicações efetuadas se revelou muito desatualizado.
- Verificou-se igualmente uma lacuna na maioria dos municípios de pequena e média dimensão analisados, não só sobre a localização, quantidade e modos de exploração dos locais de estacionamento na sua área de influência, como de um sistemático registo da sua evolução temporal, dificultando uma efetiva monitorização das operações de planeamento de transporte no passado bem como o seu uso para futuras decisões.

4 ALTERAÇÕES METODOLÓGICAS SUGERIDAS

Atendendo às dificuldades enunciadas, encontradas durante a sua utilização para a modelação de escolhas modais [1], sugerem-se os seguintes pontos a atender na definição de futuros inquéritos, recolha e tratamento de dados sobre a mobilidade de cidadãos:

- A impossibilidade de definir em concreto o local de origem e de destino de viagens intrazonais (dentro da mesma zona de tráfego) quando as zonas são muito extensas deverá levar a uma subdivisão estatística menor ou a uma codificação mais inequívoca dos pontos de origem e destino. Os critérios para a definição das subseções estatísticas deveriam ser conhecidos e atender a aspetos relacionados com a mobilidade, nomeadamente distâncias pedonais, homogeneidade de usos do solo, tipologias e quantidade de oferta de estacionamento, entre outros. Em relação às zonas não urbanas e portanto menos homogêneas, a divisão administrativa de Freguesia utilizada, em determinadas zonas mais rurais, leva a adoção de zonas muito extensas que em termos de mobilidade podem ter realidades muito distintas. [4], [5], e [6] apresentam um

estudo sobre a definição de zonas para análises de tráfego em que sugerem uma nova metodologia para a especificação analítica das mesmas. Referem que apesar de na maioria dos estudos de transportes realizados nas últimas décadas se terem realizado grandes esforços na recolha de dados, na estimação dos parâmetros e na sofisticação dos modelos utilizados, raramente a questão do zonamento recebeu atenção similar. Na maioria dos estudos, a definição das zonas de tráfego consideradas utiliza os limites administrativos pré-existentes, eventualmente ajustados de forma arbitrária atendendo às necessidades e experiência do analista. Apesar da vasta bibliografia com boas orientações para a sua definição [7], não existe uma metodologia clara para a sua otimização e a prática dominante baseia-se na experiência, combinando os limites administrativos com uma certa homogeneidade de características consideradas essenciais na definição das suas fronteiras [6]. Paradoxalmente, a definição de um correto zonamento é essencial para um pleno aproveitamento dos recursos despendidos na recolha de informação, uma vez que a mesma afeta consideravelmente aspetos essenciais na modelação de transportes, nomeadamente [4]:

- Todas as viagens que começam e acabam numa zona são codificadas como originadas de um mesmo ponto virtual, o seu centróide;
- As viagens intrazonais não podem ser afetadas à rede de transportes, uma vez que originam e acabam num mesmo ponto virtual;
- A precisão geográfica dos locais de origem e destino associados aos centróides, diminui com o aumento da dimensão das zonas;
- Num inquérito com amostra de tamanho constante, a precisão estatística da estimação do número de gerações e de atrações diminui com a redução da dimensão das zonas (os intervalos de confiança das estimações aumentam);
- E similarmente, células da matriz de origem/destino (O/D) com poucas viagens têm maiores erros estatísticos.

Existe assim a necessidade de cuidados especiais na especificação do tamanho das zonas de tráfego. Malhas muito apertadas permitem uma maior precisão geográfica das gerações e atrações das viagens dentro das zonas e à diminuição das viagens intrazonais, mas podem levar à existência de muitas zonas sem informação suficiente para ser estatisticamente significantes. Malhas muito grandes permitem amostras suficientemente grandes para uma maior fiabilidade das estimações mas potenciam a perda de informação através de viagens intrazonais (valores da diagonal da matriz O/D) e aumentam a imprecisão geográfica da sua localização e da eventual rede utilizada. Martinez *et al.* [4], [5] e [6] apresentaram uma metodologia que apresenta resultados promissores na definição analítica dos limites das diferentes zonas. Esta metodologia baseia-se num procedimento de base fundamental que deverá, sempre que possível, ser implementado no levantamento de dados. Sugerem que a definição das zonas de tráfego seja feita à *posteriori*, definindo as origens e os destinos a partir de uma geocodificação, por exemplo através de coordenadas cartográficas, independentemente das zonas onde se venham a incluir. Esta metodologia não evita, no entanto, um zonamento inicial que permita determinar os coeficientes de expansão da amostra para o universo em análise. Esta geocodificação permite a utilização da informação sobre a localização das origens e destinos das viagens numa miríade de situações, possibilitando a definição de diferentes zonas de tráfego caso a caso, independentemente do levantamento original. A definição dos limites das zonas, no entanto, é um procedimento mais complexo, cuja análise custo-benefício necessita de ser aprofundada de forma a confirmar se os ganhos de eficiência demonstrados nos referidos estudos [4], [5] e [6] justificam a alteração da metodologia tradicional na definição do zonamento. Na metodologia acima referida é aplicado um algoritmo que procura os locais com maiores gerações/atrações para a definição dos centróides, podendo incluir diferentes aspetos considerados relevantes para a definição dos limites das zonas, como a densidade populacional, a poluição atmosférica, a densidade de locais de estudo e de emprego ou a acessibilidade aos transportes públicos.

- Em relação ao modo de transporte utilizado os inquéritos devem avaliar também quais as alternativas disponíveis e quais as suas características operacionais apreendidas pelo inquirido. A especificação da carreira de Bus/Train/Tram utilizada, ou possível de utilizar, apresenta-se como um dado que poderá facilitar a apreensão das características operacionais das viagens cuja caracterização seja mais dúbia,

permitindo avaliar a qualidade do serviço prestado/apreendido bem como a qualidade das alternativas ponderadas.

- Nos motivos da viagem as características operacionais de viagens para compras ou obtenção de serviços financeiros ou institucionais justificam a sua clara diferenciação;
- Na especificação dos escalões etários, sugere-se a sua definição atendendo às necessidades de mobilidade e de autonomia. Uma segmentação mais lógica seria dos 0 aos 5 e dos 6 aos 10 anos (pré-escolar e 1º Ciclo do Ensino Básico) para crianças totalmente dependentes dos pais, e dos 11 aos 18 anos (final do ensino secundário) para adolescentes com potencial independência de mobilidade em relação aos pais e possíveis utilizadores de transportes coletivos devido à inexistência de licença de condução de automóvel. Sugere-se ainda a manutenção das restantes categorias, atendendo à possibilidade de poderem possuir licença de condução e pelo facto de a escolha modal poder depender de outros fatores que não a impossibilidade de utilizar o automóvel.
- Na definição da tipologia de variáveis a utilizar, para uma análise mais coerente, sugere-se, sempre que possível e socialmente exequível, a escolha de uma especificação contínua para o rendimento mensal do agregado, uma vez que as gamas de valores utilizadas foram escassas, nomeadamente para os rendimentos superiores. A especificação contínua elimina igualmente a linearidade imposta às categorias que podem não traduzir diferenças comportamentais reais entre os inquiridos pertencentes a cada um dos níveis. Em alternativa poderá ser inquirido o salário horário (ou dados que o possibilitem determinar), permitindo simultaneamente a avaliação do valor do tempo.
- É também relevante que no modo de transporte utilizado se consiga distinguir claramente entre condutores e passageiros de automóveis particulares, cujas características intrínsecas e impacto sobre o sistema de transportes são bastante distintos.
- Na aquisição de informação sobre o custo do estacionamento e da viagem em TC sugere-se a inquirição desses custos (ou estimativa) efetivamente verificados para cada uma das viagens/atividades em análise, e não um valor total mensal/diário. Esta distinção poderá revelar as gamas de valores a considerar para alcançar determinadas metas de utilização destes sistemas.
- Sugere-se igualmente que as entidades que regulam um sector cujos serviços são dispendiosos para o erário público e essenciais a parte da população (IMT e Autoridade Metropolitanas de Transportes), devam disponibilizar um serviço com informação atualizada sobre operadores, horários e trajetos concessionados, em suporte digital e disponíveis ao público em geral, de forma acessível e gratuita.

5 SÍNTESE

No estudo efetuado [1] foi possível verificar que a utilização de levantamentos pré-existentes, não especificados para determinado objetivo mas para outros mais abrangentes, leva à existência de algumas inconsistências que por vezes limitaram o pleno aproveitamento de todo o potencial de informação disponível. Atendendo ao objetivo do levantamento do INE, a análise da mobilidade na AMP, houve alguns aspetos metodológicos na definição das variáveis recolhidas que deveriam ser revistos em trabalhos futuros. Dos problemas verificados destacam-se os relacionados com a codificação de escalões etários, com a especificação do nível de rendimento mensal do agregado bem como dos custos de viagem e de estacionamento associados ao modo utilizado mas também das alternativas disponíveis. Sugere-se que a recolha de dados sobre as condicionantes da viagem não se restrinja ao modo utilizado mas que seja alargado a todas as alternativas disponíveis. Outros problemas verificados relacionam-se com a definição pouco específica dos motivos das viagens, da distinção entre condutores e passageiros em automóvel particular, ou dos locais de geração e de atração de viagens em zonas urbanas homogéneas ou zonas rurais de grande extensão.

Salientam-se ainda as dificuldades verificadas na obtenção de dados sobre as redes de transportes coletivos, nomeadamente as interurbanas e concessionadas a privados, bem com na caracterização da oferta de estacionamento fora do concelho do Porto. Estas dificuldades reforçam a importância de definir um processo de recolha sistemático e detalhado desta informação para sistemas de transportes complexos.

6 REFERÊNCIAS

1. J. Gonçalves, *Fatores relevantes para a escolha modal em áreas urbanas*, Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Dezembro, 2012
2. Instituto Nacional de Estatística, *Inquérito à Mobilidade da População Residente 2000*, Direção Regional do Norte, financiado pela Direção Geral de Transportes Terrestres, Porto, 2002
3. C. Rodrigues, A. Seco, P. Ribeiro, E. Ribeiro, *Caracterização do Estacionamento na Cidade do Porto – Relatório Final*, Relatório Interno, Faculdade de Engenharia do Porto, Câmara Municipal do Porto, Dezembro, Porto, 2005
4. J. Viegas, L. Martinez, E. Silva, *Effects of the modifiable areal unit problem on the delineation of traffic analysis zones*, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol.36, N°4, pp. 625-643, 2009
5. L. Martinez, J. Viegas, E. Silva, *A traffic analysis zone definition: a new methodology and algorithm*, *Transportation*, Vol.36, N°5, pp. 581-599, Springer, 2009
6. L. Martinez, J. Viegas, A. Dupont-Kieffer, *An integrated application of zoning for mobility analysis and planning: the case of Paris region*, 12th World Conference on Transport Research, Lisboa, Portugal, 2010
7. J. Ortúzar, L. Willumsen (Eds), *Modelling Transport*, John Wiley and Sons, New York, 2001