



PREFEITURA DE  
**CAMPOS**

SECRETARIA MUNICIPAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA

 Mais  
Ciência

# MOBILIDADE EM REDE: DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA PESQUISA ORIGEM X DESTINO E COLETA DE ÍNDICES DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO DO SISTEMA DE TRANSPORTE

Orientador: Luciano Falcão da Silva

Bolsista: Isabela Nodari

INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE  
2022/2023



## SUMÁRIO

ALTERAÇÕES REALIZADAS NO PLANO DE TRABALHO SUBMETIDO.....	3
RESUMO .....	3
INTRODUÇÃO .....	4
REVISÃO DA LITERATURA.....	5
MATERIAIS E MÉTODOS .....	7
Revisão Sistemática da Literatura (RSL).....	8
<i>Unified Modeling Language (UML)</i> .....	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
Revisão Bibliográfica MOD .....	12
Construção de Diagramas de Caso de Uso.....	17
Elaboração de Modelo de Interface Gráfica .....	21
Elaboração de Modelos de Relatório .....	24
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	25
REFERÊNCIAS .....	27

## **ALTERAÇÕES REALIZADAS NO PLANO DE TRABALHO SUBMETIDO**

Como anteriormente informado e previsto no relatório parcial entregue, a etapa inicial de revisão bibliográfica, dada a extensão da temática, demandou um prazo maior que aquele estipulado inicialmente. Os pesquisadores concluíram que, a partir do estudo bibliográfico, complexidades da proposta de construção de uma Matriz Origem x Destino (MOD) precisaram ser mais bem analisadas, o que demandou tempo. Mesmo com o apoio de voluntários, optou-se por concluir este trabalho com uma revisão bibliográfica mais aprofundada, e especificações gerais de desenho de software, o aplicativo proposto.

## **RESUMO**

Planejar o espaço urbano, sua estrutura física, está relacionado diretamente ao estabelecimento de programas relacionados ao sistema de transporte e mobilidade, uma vez que este é um dos principais ordenadores do espaço, gerando cidades mais acolhedoras, uma sociedade mais equilibrada, sustentável, economicamente pulsante e com qualidade de vida. Este projeto de pesquisa se juntou a um grupo que inclui outros projetos de pesquisa e extensão, denominado como “Mobilidade em Rede”, apoiado pela FAPERJ. Coube a este projeto específico, o desenvolvimento de um aplicativo, para a criação de uma matriz origem x destino, que conta com a avaliação do usuário em relação à rede de transporte, aplicável à cidade de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. O propósito deste trabalho justifica-se ao buscar um meio de obtenção de dados relativos à demanda por deslocamentos por um meio mais barato, acessível ao investimento público, e que gere dados mais confiáveis, por meio da capilaridade e recursos existentes nos aparelhos de telefonia celular. Para o desenvolvimento deste trabalho, adotou-se a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), para a Revisão Bibliográfica, e a utilização da *Unified Modeling Language* (UML), para a especificação do aplicativo. A primeira etapa resultou em um portfólio bibliográfico representante de um panorama das publicações existentes, mapeando as pesquisas acerca das metodologias que envolvem a construção da matriz origem x destino. Os resultados corroboraram a

premissa inicial de que os métodos tradicionais de obtenção da MOD dificilmente fornecem resultados confiáveis, pelas várias aproximações necessárias na compilação de seus dados, e até mesmo na confiança nas respostas obtidas diretamente pelos entrevistados. Muitas vezes caracterizado como um problema complexo e paradoxal: se os fluxos de tráfego nos nós de uma rede de mobilidade urbana são consequência da atribuição de uma matriz OD em uma rede, estimar a matriz OD que gera tais fluxos através de medição de nós pode ser considerado como o inverso do problema (Barceló et al, 2013). A partir das considerações, fez-se a proposta de um desenho de aplicativo para coleta de dados mais reais e, a partir daí fornecer subsídios para o planejamento de mobilidade urbana da cidade.

## INTRODUÇÃO

A matriz origem x destino é uma ferramenta bastante utilizada no planejamento de mobilidade urbana, que fornece informações sobre a quantidade de pessoas usuárias dos diversos modais de transporte, que se deslocam de uma origem até um destino, de acordo com o horário e dia da semana. Entender como uma cidade se desloca é fundamental para quantificar e caracterizar os padrões de fluxo e prever necessidade de insumos para projeção de viagens futuras. A construção de uma MOD é custosa, leva tempo, e nem sempre se consegue acompanhar as dinâmicas de mudanças nas cidades, não trazendo resultados confiáveis. Pesquisas em todo o mundo buscam, então, meios e formas de construção de uma MOD, analisando suas características e utilizando os recursos tecnológicos mais recentes. Assim, o propósito deste trabalho justifica-se ao buscar um meio de obtenção de dados relativos à demanda por deslocamentos por um meio mais barato, acessível ao investimento público, e que gere dados mais confiáveis, por meio da capilaridade e recursos existentes nos aparelhos de telefonia celular. Este projeto de pesquisa teve como objetivo geral o desenvolvimento de um aplicativo para a coleta e armazenamento de dados de deslocamentos (escolha modal; distâncias percorridas; escolhas de destinos ou horários de saída etc.) utilizados no deslocamento de cidadãos em Campos dos Goytacazes, além de dados socioeconômicos dos usuários deste aplicativo, e de respostas a questionários de satisfação do usuário de sistemas de

transporte. Os resultados esperados para este projeto ajudam na inclusão da cidade de Campos dos Goytacazes no uso de Tecnologias da Informação e Comunicação em processos de gestão, ao dispor de informações e ferramentas para mapeamento dos diversos modais de transporte urbano e evidenciar os seus principais problemas.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

A partir de meados do século XX, a cidade brasileira se modificou, com o crescimento dos centros urbanos, ocasionado pelo êxodo rural. No final do mesmo século, a população urbana já era maior que a rural (ALVES et al, 2011). O crescimento não foi acompanhado por investimentos em infraestrutura suficientes, gerando formas distintas de expansão urbana. As ruas, antes estreitas, foram redimensionadas para passagem de carros e caminhões; as calçadas, da mesma forma, precisaram ser largas o suficiente para pessoas, ciclistas, arborização, iluminação e sinalização pública; os lotes tornaram-se menores, gerando adensamento, e construções se verticalizaram (MACEDO; SAKATA, 2010). Para atender a nova demanda (final do século XX), houve um crescimento da mobilidade com o desenvolvimento de redes viárias e sistemas de transporte coletivo e individual. Isso facilitou a expansão de áreas periféricas e distantes do tecido urbano, provocando espraiamento, orientado, em grande parte, pelas vias de circulação. Mas as possibilidades de acesso não são as mesmas para todos. Isso dá às localizações outra dimensão. A localização da terra urbana confere valor a ela, a partir das condições do entorno, em termos de disponibilidade de equipamentos e infraestrutura. E o acesso as localizações se dá de modo a conferir um certo tipo de desigualdade (VILLAÇA, 2001). As dificuldades de mobilidade da população de menor renda contribuem para sua segregação, pois normalmente não possuem carro para se locomover, dependendo do transporte coletivo, da precariedade do serviço e seu custo. Se possuem veículo próprio, estão sujeitas às variações de preço do combustível.

Apostar em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para democratizar e incluir os cidadãos nas diversas dimensões da cidade e do espaço urbano é uma tendência que vêm se confirmando nos últimos anos. A partir dos avanços das TIC's, há várias iniciativas que procuram “digitalizar” os dados sobre a cidade, tornando-os mais

organizados, acessíveis e claros. Os dados são, segundo Setzer (2015), sequências de símbolos quantitativos e quantificáveis, podendo ser considerados entidades matemáticas. A partir dos dados obtidos a partir das TIC's, vários níveis de informação podem ser gerados, servindo com mais um recurso para os processos decisórios no planejamento urbano e em demais áreas da gestão de cidades. É consenso entre os vários pesquisadores e metodologias que o conceito Cidade Inteligente hoje envolve um determinado uso de TIC's para melhorar a velocidade, efetividade e participação dos cidadãos nas várias áreas que compõem a gestão municipal. (MORAES, 2017).

Uma inovação tecnológica ascendente como ferramenta de planejamento de transportes permitiu diagnosticar a mobilidade interurbana doméstica no Brasil em termos de acessibilidade e eficiência (atributos descritos nos objetivos da Política Nacional de Transportes – PNT (MTPA, 2018)), além de possibilitar uma visão intermodal e completa de sua demanda. Trata-se da obtenção de uma matriz origem destino (matriz OD) por meio de dados da telefonia móvel, e do decorrente trabalho de tratamento, expansão, e cruzamento de várias bases de dados (SILVA et al, 2021). A utilização de dados de telefonia móvel na determinação de padrões de deslocamento de pessoas conta com literatura abrangente, principalmente sobre deslocamentos urbanos e metropolitanos. Calabrese et al (2013) e Alexander et al (2015) demonstram o potencial da utilização de dados de telefonia móvel na construção de metodologia para avaliação de deslocamentos aplicada à região metropolitana de Boston, Estados Unidos. Larijani et al (2015) apresentam estudo do comportamento dos fluxos de origem e destino por meio de dados de telefonia móvel na região de Paris e seus subúrbios, na França, para diferentes modos de transportes. Iqbal et al (2014) propõem uma metodologia que utiliza CDR (Call Detail Record) na formação de uma matriz OD, a qual aplicam à região de Daca, Bangladesh. Também visando mitigar as deficiências dos métodos convencionais de pesquisas de transporte, Guerra, Barbosa e Oliveira (2014), apresentaram uma proposta metodológica de estimativa de uma matriz OD para sistemas de transporte público por ônibus usando informações do Sistema de Bilhetagem Eletrônica e do banco de dados das linhas em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os resultados obtidos mostraram-se consistentes e indicam que a

metodologia permite incorporar as mudanças ocorridas no sistema de transporte. Além disso, a aplicação da metodologia indicou que esta é simples, conveniente e prática, podendo ser utilizada para estudos relacionados a transporte público.

Quanto maior a acurácia da matriz, maior a capacidade de direcionar ações e investimentos para ampliar a eficiência dos sistemas de transporte. Spiess, (1987), Van Zuylen e Willumsen, (1980) e Cascetta e Nguyen (1988) utilizam-se de métodos estatísticos para extrapolação de dados de contagem de veículo e movimentos, e apresentam ampla bibliografia sobre o tema. A maioria dos métodos para identificação de rotas cicláveis encontrados na literatura baseia-se em informações como pesquisas origem-destino, divisões modais e dados de acidentes envolvendo ciclistas (PETTINGA et al, 2009; SOUSA; SANCHES, 2015). Porém, Monari & Segantine (2019) propuseram um método para definição de rede de rotas cicláveis em áreas urbanas de cidades de pequeno porte, baseado na avaliação dos fatores que influenciam no uso da bicicleta como modo de transporte urbano: declividade e qualidade de serviço das vias para o transporte cicloviário, existência de infraestrutura cicloviária e distância da viagem. O estudo de caso, conduzido à cidade de Bariri-SP, mostrou a viabilidade de aplicação do método proposto, permitindo a identificação de rotas cicláveis e a definição de uma rede composta por 19 eixos viários potencialmente cicláveis distribuídos ao longo de toda a área de estudo.

Metodologias mais recorrentes de coleta de dados de transporte, como o uso a bilhetagem eletrônica, um sistema de cobrança de tarifa que armazena informações de todas as transações efetuadas no transporte público através do uso de cartões eletrônicos individuais, embora rico em reunir informações, é insuficiente ao não relacionar estes dados com características socioeconômicas dos usuários, e em focar somente em um modal de transporte. Outras fontes de dados, como o Censo, embora sejam ricos e atendam a várias necessidades de obtenções de dados para análise, não possuem informações relativas aos deslocamentos urbanos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento do aplicativo, foram definidas as seguintes etapas

metodológicas: revisão bibliográfica acerca de construção de Matrizes Origem x Destino (MOD); construção de diagramas de caso de uso sob o ponto de vista dos usuários, com o uso da Unified Modeling Language (UML). Cada uma destas etapas será descrita a seguir.

### **Revisão Sistemática da Literatura (RSL)**

Os estudos e pesquisas em uma determinada área do conhecimento fazem parte de uma cadeia de informações construída ao longo do tempo, onde novos trabalhos adicionam sua contribuição para o avanço do conhecimento. Assim, a sistematização da literatura publicada sobre determinada temática se coloca como um dos pontos iniciais, de construção do trabalho científico. A subjetividade muitas vezes presente em um processo de pesquisa bibliográfica pode ser minorada a partir da adoção de métodos de sistematização, trazendo um nível mais alto de confiança nos resultados, inclusive pela sua capacidade de replicação. Os métodos mais populares para tal, no campo das ciências sociais aplicadas, são a bibliometria, a meta-análise, ambas de viés quantitativo, e a revisão sistemática, uma abordagem qualitativa. Chueke e Amatucci (2022) realizaram um estudo comparativo sobre as características principais de cada um destes métodos, mostrados na tabela 1 a seguir:

**Tabela 1.** Métodos de sistematização de literatura

<b>Método</b>	<b>Objetivo principal</b>	<b>Abordagem central</b>	<b>Amostra</b>	<b>Principais usos</b>
---------------	---------------------------	--------------------------	----------------	------------------------

Bibliometria	Identificar, medir e quantificar a produção científica em um determinado campo de conhecimento	Quantitativa	Grande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sumarizar e quantificar resultados de diferentes estudos</li> <li>• Criar indicadores e medidas de produtividade acadêmica</li> <li>• Mapear redes de colaboração científica</li> <li>• Identificar lacunas de pesquisa</li> <li>• Levantar temas emergentes</li> </ul>
Meta-análise	Sintetizar evidências empíricas a fim de analisar efeito, variância e relações entre variáveis usadas em diferentes estudos	Quantitativa	Grande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testar hipóteses de pesquisa</li> <li>• Analisar variância e correlação entre variáveis</li> <li>• Identificar fatores moderadores</li> <li>• Estender teorias</li> </ul>
Revisão sistemática de literatura	Criar modelos teóricos e proposições de pesquisas sobre um tema em específico	Qualitativa	Pequena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar de maneira densa e reflexiva um tema específico</li> <li>• Elaborar modelos analíticos e proposições teóricas</li> </ul>

Fonte: Chueke e Amatucci (2022)

Este trabalho tem como alguns dos objetivos específicos reunir e equalizar as informações entre os pesquisadores, identificar e organizar conceitos acerca do tema mobilidade urbana e, possivelmente identificar lacunas e ideias atualmente em debate na comunidade acadêmica. A partir dos métodos disponíveis e de seus principais usos, a escolha recaiu, portanto, sobre a Bibliometria e a Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

O conceito de bibliometria (ou análise bibliométrica) se baseia na evidência quantitativa dos parâmetros de um conjunto definido de documentos (denominado portfólio bibliográfico) para a gestão da informação e do conhecimento científico obtido de um certo assunto. Como critério de qualidade dos resultados, autores e pesquisadores devem seguir as seguintes etapas para a sua elaboração:

- a) definir o escopo do estudo, em amplitude suficiente que se obtenha um número grande de trabalhos publicados;
- b) elaborar protocolo de pesquisa, através da adoção de palavras-chave, critérios de inclusão e exclusão e base de dados;
- c) definir a técnica de análise bibliométrica a ser utilizada ((i) Análise de desempenho (performance analysis), (ii) cartografia científica (science mapping) ou (iii) análise de network (network analysis), entre outras
- d) coletar e organizar os dados;
- e) analisar os dados;
- f) elaborar e apresentar os resultados em imagens, gráficos e tabelas.

A RSL, por sua vez, enfatiza as fases de:

- a) elaboração do protocolo de pesquisa, com as perguntas que deverão ser respondidas ao fim da aplicação do método;
- b) busca de documentos científicos, a partir de critérios pré-estabelecidos;
- c) avaliação da qualidade dos estudos e documentos levantados;
- d) sintetização dos resultados, de forma qualitativa;
- e) analisar e compor as respostas às perguntas iniciais.

Dos métodos de sistematização da literatura mais usuais, a Revisão Sistemática da Literatura se caracteriza por possibilitar uma análise aprimorada de um tema específico, a partir de uma quantidade menor de documentos (artigos), mas com maior

profundidade, e obtidos a partir de critérios e protocolos claros. A metodologia fornece, ainda, visões e perspectivas diferentes sobre o tema pesquisado. É um tipo de pesquisa bibliográfica que utiliza métodos explícitos, contábeis e sistemáticos para busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. A tabela 2 mostra a classificação de fases de um RSL.

**Tabela 2.** Fases de uma RSL

<b>Estágio I</b>	<b>Planejamento da revisão</b>
Fase 0	Identificação para a necessidade de revisão
Fase 1	Elaboração de proposta de revisão
Fase 2	Desenvolvimento de um protocolo de revisão
<b>Estágio II</b>	<b>Realização de revisão</b>
Fase 3	Identificação da pesquisa
Fase 4	Seleção de estudos
Fase 5	Avaliação da qualidade do estudo
Fase 6	Extração de dados e acompanhamento do progresso
Fase 7	Síntese de dados
<b>Estágio III</b>	<b>Reportar e Divulgar</b>
Fase 8	O relatório e as recomendações
Fase 9	Colocar evidências em prática

**Fonte:** Classificação proposta pelo *NHS Centre for Reviews and Dissemination*, adaptado por Tranfield, Denyer & Smart (2003).

Com a adesão dos produtos possíveis a partir da RSL, aos resultados esperados, definiu-se a sua aplicação utilizando-se a estrutura proposta pelo NHS Centre for Reviews and Dissemination, adaptado por Tranfield, Denyer & Smart (2003), na qual o instrumento é segmentado em estágios e etapas, conforme apresentado a seguir:

Destaca-se no método o planejamento da revisão, com o desenvolvimento de um protocolo sólido e replicável. Neste estágio, é de grande importância que a pergunta de pesquisa seja factível, relevante, e traduza a real necessidade do trabalho. A partir dela que os critérios de seleção se constroem de forma mais clara e precisa.

### ***Unified Modeling Language (UML)***

Conforme proposto, este trabalho realizou o uso da Linguagem Unificada de Modelagem (*Unified Modeling Language*) (UML) para a elaboração dos diagramas estruturais, linguagem utilizada para especificar detalhes da estrutura de um sistema, e seus diagramas comportamentais. Ambos fazem parte do processo de visualização, especificação, construção e documentação de artefatos necessários ao funcionamento de um software. No caso corrente, foram desenvolvidos os diagramas de Caso de Uso, que mostra as ações primárias a serem executadas pelos atores envolvidos no funcionamento da aplicação.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos para cada uma das etapas realizadas no desenvolvimento deste trabalho.

#### **Revisão Bibliográfica MOD**

O objetivo desta revisão foi construir um panorama das publicações existentes, através do mapeamento de pesquisas acerca das metodologias que envolvem a construção da matriz origem x destino. O portfólio bibliográfico constituirá o embasamento teórico para a proposta de uma metodologia adequada à cidade de Campos dos Goytacazes, com o uso da tecnologia disponível e de baixo custo relativo. Como questão principal, tem-se: quais são as metodologias de construção de uma Matriz Origem x Destino (MOD), nacionais e internacionais, que trazem resultados confiáveis, compatíveis com a realidade, de custo acessível às cidades médias brasileiras? E, como questões específicas de suporte à questão principal, tem-se: quais são os métodos de construção de uma MOD? Quais são os recursos necessários para a construção de uma MOD? A seleção de estudos e trabalhos foi definida de acordo com as fontes de estudos anteriores, palavras-chave, ano de publicação e com base nos critérios de inclusão e exclusão (Tabela 3).

**Tabela 3.** Critérios de inclusão e exclusão para a RSL

<b>Critérios de Inclusão</b>	<b>Critérios de Exclusão</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Trabalhos no formato de artigo;</li> <li>● Trabalhos escritos em português, inglês e espanhol;</li> <li>● Trabalhos que abordam sobre a construção de matrizes origem x destino;</li> <li>● Trabalhos revisados por pares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pesquisa em áreas não relacionadas à: Arquitetura, Engenharia, Ciências Sociais, Ciências Ambientais, Artes e Humanidades;</li> <li>● Trabalhos não disponíveis integralmente</li> </ul>

**Fonte:** os autores

Os estudos selecionados são aqueles contextualizados no Brasil e no exterior. Portanto, a principal base selecionada foi o Portal de Periódicos da Capes. Foram feitas buscas também no Google Acadêmico (Google Scholar) bem como em páginas ligadas a institutos de pesquisa e órgãos públicos, quando pertinentes, todas conduzidas com a busca automática nas bases, utilizando palavras-chaves estabelecidas em dois idiomas, inglês e português. Foi necessária também a combinação de palavras-chave, variando-as de acordo com a plataforma de busca. Assim, utilizou-se os seguintes termos de busca (Tabela 4):

**Tabela 4.** Palavras-chave utilizadas na RSL

<b>Português</b>	matriz origem-destino, otimização
	questionário, formulário, pesquisa
	transporte, mobilidade urbana
<b>Inglês</b>	<i>origin-destination matrix, optimization, OD matrix</i>
	<i>survey, questionnaire</i>
	<i>transport, urban mobility</i>
<b>Espanhol</b>	<i>matriz origen-destino</i>
	<i>cuestionario, formulario, encuesta</i>
	<i>transporte, movilidad urbana</i>

**Fonte:** os autores

O estágio II contempla, principalmente, a busca e a seleção dos documentos obtidos. Para tal, estabeleceu-se, segundo a estrutura proposta, uma avaliação crítica dos trabalhos integralmente lidos, com base na questão principal e as questões elaboradas em um *checklist*, listado na tabela 5, verificando a pontuação com a seguinte regra: um ponto para o atendimento completo, zero para o não atendimento, e meio ponto para o atendimento parcial.

**Tabela 5.** *Checklist* aplicado na RSL

<b>Id</b>	<b>Pergunta Verificadora</b>
<b>a</b>	O trabalho apresenta de forma clara a metodologia de obtenção da MOD?
<b>b</b>	Existem modelos de formulário ou coleta de dados aplicados?
<b>c</b>	Apresenta um resultado real após a aplicação da metodologia, com apresentação dos benefícios gerados?
<b>d</b>	Apresenta considerações sobre os desafios encontrados na construção da MOD?
<b>e</b>	Estabelece relação entre a MOD e discussões sobre a mobilidade urbana?
<b>f</b>	Apresenta mapas, tabelas, figuras, diagramas, que contribuem com o entendimento da metodologia?
<b>g</b>	A metodologia foi aplicada em cidades brasileiras?
<b>h</b>	É recente?
<b>i</b>	A metodologia inclui variáveis sócio-econômicas?

**Fonte:** os autores

A aplicação de perguntas diretas e descritivas a cada um dos documentos selecionados permitiu a sua classificação e organização segundo estes mesmos critérios, facilitando a sintetização de seu conteúdo.

As demais fases do segundo estágio foram aplicadas, resultando em um portfólio inicial de 208 documentos, reduzidos a 123 pelo critério de disponibilidade de suas versões completas gratuitamente. A soma da pontuação para cada pergunta do checklist não alcançou seu valor máximo em nenhum dos documentos, o que era esperado, pela dispersão intencional das verificações colocadas. Porém, 12 artigos – 2 em português e 10 em inglês - chegaram ao total de 7 (sete) pontos ou mais, entre 9 (nove) possíveis. Com este grupo de documentos, foi realizada uma leitura mais aprofundada, por serem

considerados de maior relevância para o objetivo desta RSL. As questões e informações levantadas são descritas a seguir.

É ponto comum aos trabalhos consultados que, geralmente, a construção de matrizes Origem x Destino como tradicionalmente se conhece, a partir de questionários e pesquisas de campo demandam alto custo, tempo e esforço. E dificilmente fornecem resultados confiáveis, pelas várias aproximações necessárias na compilação de seus dados, e até mesmo na confiança nas respostas obtidas diretamente pelos entrevistados. Isso corrobora o objetivo e principal questionamento desta RSL, ao passo que as mudanças cada vez mais rápidas nas cidades no que se referem à população e atividade econômica interferem diretamente no deslocamento de pessoas e mercadorias, e vice-versa. Há o paradoxo deste problema: se os fluxos de tráfego nos nós de uma rede de mobilidade urbana são consequência da atribuição de uma matriz OD em uma rede, estimar a matriz OD que gera tais fluxos através de medição de nós pode ser considerado como o inverso do problema (Barceló et al, 2013).

Portanto, a construção de matrizes origem destino é um problema complexo. São três os principais métodos de coleta de informações, classificados como diretos: aplicação de questionário; utilização de Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE); leitura de dados por *Global Positioning System* (GPS) – inclusive de telefonia móvel.

No método de coleta de dados por pesquisa, observação ou questionário, foram identificados os seguintes problemas principais: trata-se de um problema inverso, com estabelecimento prévio de rotas; baixa taxa de amostragem, com chance de erro nas respostas; intervalo longo entre as aplicações da pesquisa, incompatível com as mudanças sociais e urbanas; pequenos deslocamentos não são registrados; são realizadas apenas ou preferencialmente nos horários de pico. No uso de SBE, também podem ocorrer falhas, e estas são decorrentes dos seguintes fatores: identificação precisa onde os usuários embarcam ou desembarcam, uma vez que nas cidades brasileiras a validação do bilhete não se dá necessariamente no início ou final da viagem; desconhecimento da origem real do usuário, já que o trajeto de sua residência ou origem até o ponto de parada de acesso ao sistema de transporte é desconhecido; pressuposto de que todos os deslocamentos diários dos passageiros são realizados por ônibus. Já na

leitura de dados por GPS de celulares, os problemas aparecem no tratamento sigiloso dos dados, nos diferentes perfis de usuários/clientes de telefonia, na necessidade de o aparelho estar sempre ligado e também na necessidade de distribuição de usuários de maneira proporcional entre as operadoras de telefonia móvel, além de sua cobertura.

Em todas estas situações, também não fica claro o propósito da viagem de parte dos usuários, nem há registro de informações sócio-econômicas, informação que pode ser bastante relevante na construção de políticas públicas relacionadas à mobilidade.

Complementar aos métodos diretos, as práticas atuais consistem em usar uma estimativa de OD como entrada e implementar ajustes a partir de outras metodologias existentes, para que sejam fornecidos resultados mais confiáveis, os chamados métodos indiretos. Parte dos estudos aborda a possibilidade de correção da matriz como, por exemplo: aplicação de índices comparativos entre matrizes; análise de encadeamento de viagens e estimativas de destino de usuários; aplicação de modelos matemáticos de previsão de demanda a partir de MOD semente; uso de softwares de modelagem.

Como resultado da RSL, obteve-se um número razoável de metodologias de construção de uma Matriz Origem x Destino (MOD), nacionais e internacionais, porém, ainda há uma lacuna importante na pesquisa, que não responde ao certo como trazer resultados confiáveis em um custo acessível. Como problema complexo, a solução também se apresenta como tal, e pode ser identificada como parte de um sistema onde se aplicam diversas partes do conhecimento científico, ainda em desenvolvimento. A partir dos problemas encontrados, foram estabelecidas as diretrizes iniciais para a construção do aplicativo de coleta de dados para a construção da MOD:

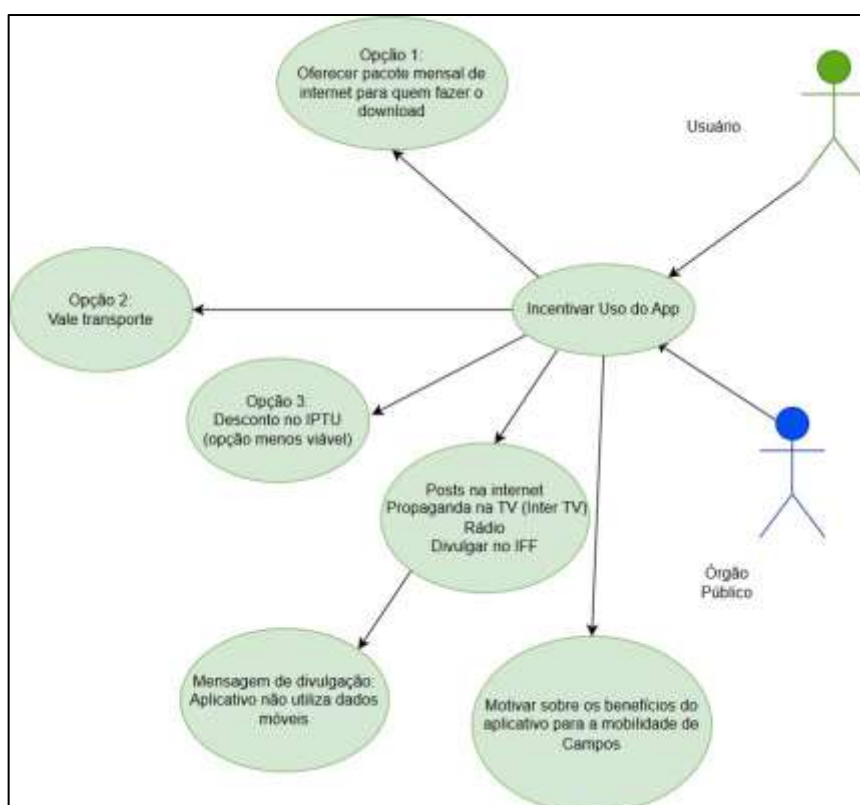
- que obtenha e armazene dados para a determinação de zonas de produção e zonas de atração de tráfego (local de origem, local de destino, horário de início, horário de fim, duração da viagem);
- que seja de uso contínuo, com coleta atualizada de dados;
- que colete dados sócio-econômicos;
- que colete e classifique o propósito do deslocamento do usuário;
- que armazene e/ou trate de forma segura os dados.

## **Construção de Diagramas de Caso de Uso**

Para a construção dos Diagramas de Caso de Uso, foram determinados cinco tipos de usuário: o servidor de dados (IFF-MOBI), pessoa física com perfil de administrador do sistema (Admin), usuário em mobilidade (usuário), módulo do aplicativo em dispositivo móvel (App), e usuário gestor de órgão público (Órgão Público). A seguir são apresentadas as principais funcionalidades e restrições para o aplicativo.

O diagrama na figura 1 traz a relação entre o usuário do sistema e a gestão pública. Este é um ponto sensível, pois a coleta de dados e o estabelecimento de parceria e sensação de pertencimento à cidade do usuário, com viés colaborativo é essencial para os passos seguintes de coleta de informações. Além do incentivo à participação por propaganda, propõe-se a oferta de vantagens, como, por exemplo, pacote de dados ou ingressos de transporte, por um sistema de pontuação. Tem que se haver, porém, um cuidado para que tais incentivos não causem distorção nos dados coletados, além de que o tratamento e armazenamento de informações pessoais, necessária à pontuação, ocorra em modo separado dos dados gerados para a construção da MOD. Estas são apenas sugestões e exemplos, que serão melhor desenvolvidos posteriormente.

**Figura 1.** Diagrama de Casos de Uso – Usuário e Órgão Público



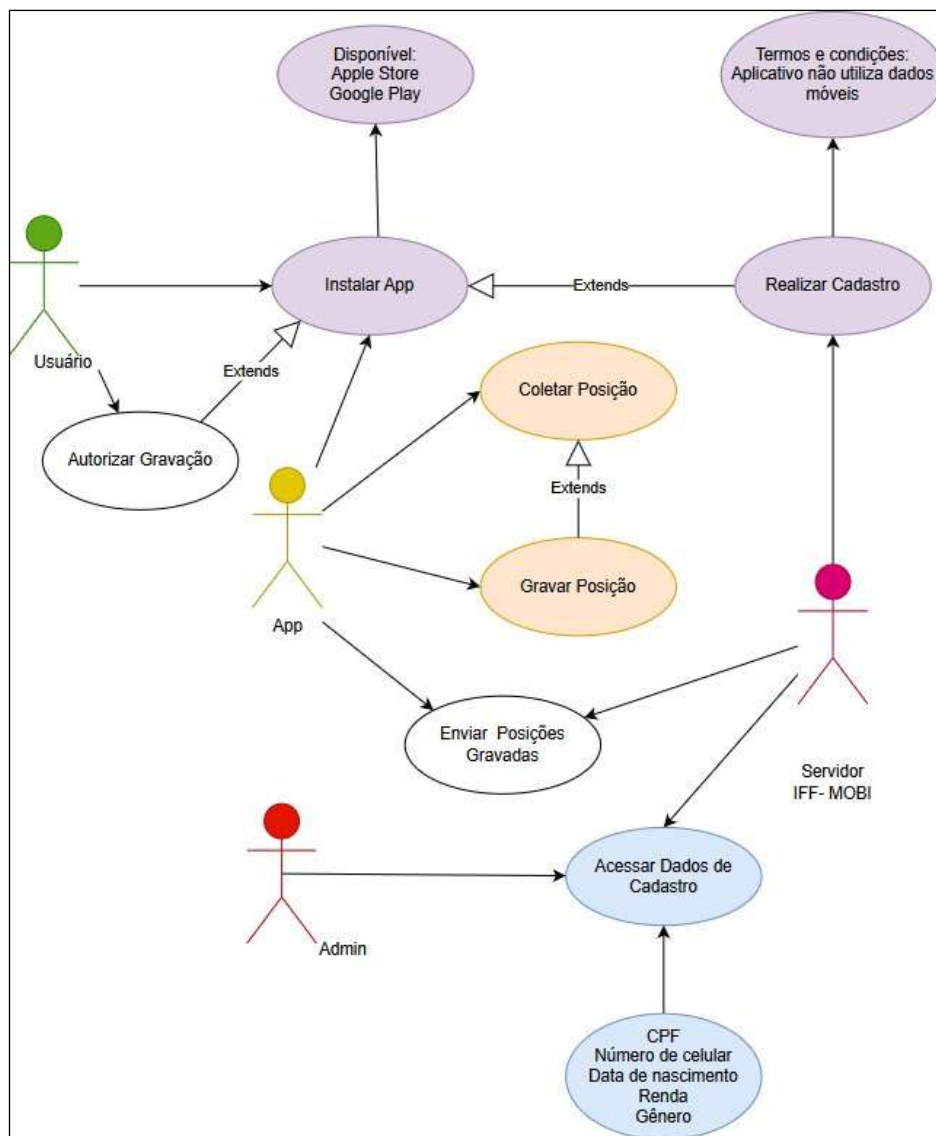
**Fonte:** os autores

O segundo diagrama (Figura 2) mostra os casos de uso relacionados à instalação, cadastro e fornecimento dos dados iniciais, mostra também como os dados podem ser tratados internamente, com restrições de acesso, além de uma das funcionalidades principais do aplicativo, com a coleta e armazenamento dos dados de posição. Neste ponto, cabe ressaltar que este modelo de diagrama não prevê detalhamento, o que deve ser realizado na construção dos modelos seguintes de diagrama UML.

O diagrama seguinte (Figura 3) mostra as funcionalidades de tratamento e organização dos dados, realizadas pelo módulo servidor. O processamento de dados

poderá seguir metodologias existentes para a construção de matrizes origem x destino, ou simplesmente apresentar relatórios.

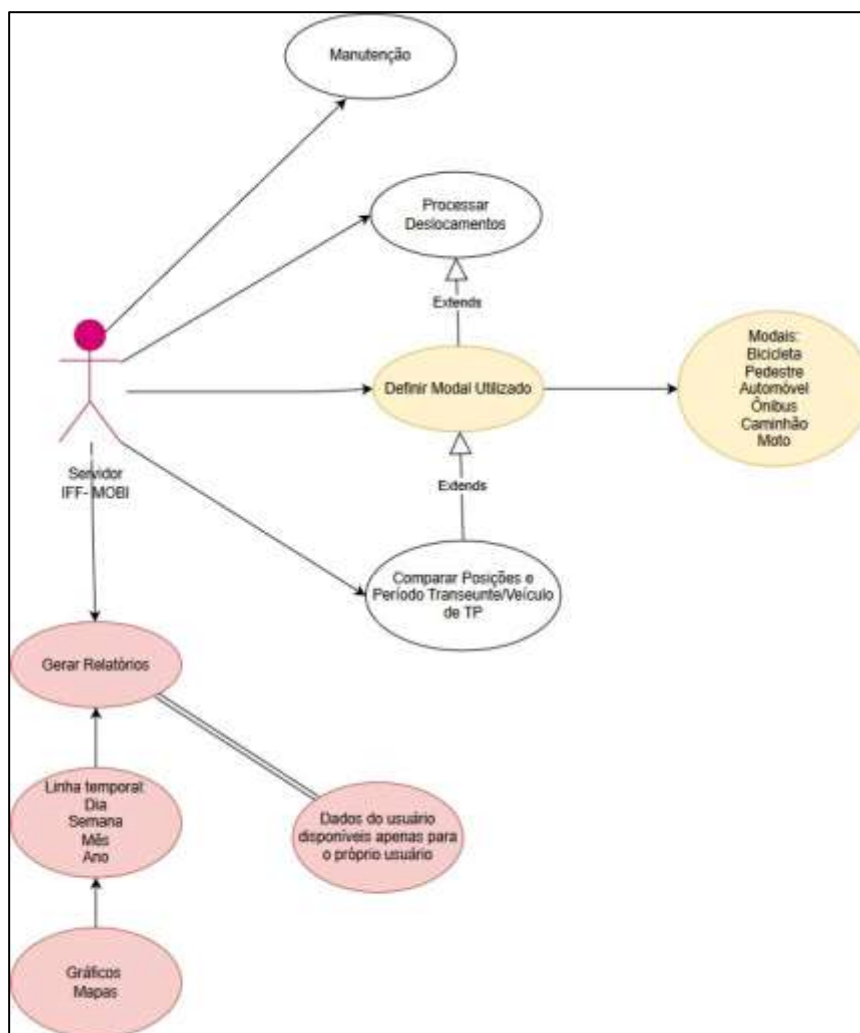
**Figura 2.** Diagrama de Casos de Uso – Usuário, App, Admin e Servidor



Fonte: os autores

Cada caso de uso irá gerar um conjunto de diagramas de comportamento, cujos modelos mais comuns UML são Diagramas de Atividade e Diagramas de Sequência. O desenho do sistema se dá de forma mais aberta em seu início, em uma visão mais geral e ampla, e as fases seguintes são aquelas responsáveis pelo detalhamento.

Figura 3. Diagrama de Casos de Uso – Usuário, App, Admin e Servidor



Fonte: os autores

### Elaboração de Modelo de Interface Gráfica

Em paralelo à construção dos casos de uso, foram criados protótipos de interface para o módulo do aplicativo, para uma melhor simulação do comportamento e validação das funcionalidades propostas. A seguir, será apresentado o fluxo de telas, ainda em versão inicial, sem identidade visual, juntamente com o que se propõe para cada uma delas.

Pode-se dividir as telas inicialmente propostas em três categorias: a primeira, de apresentação do sistema, uma segunda de cadastro, de acesso menos recorrente, e um terceiro grupo com as telas de maior uso.

No primeiro grupo (Figura 4) é importante que as informações mostradas sejam claras, diretas e acessíveis, uma vez que a relação entre o usuário e poder público deverá ser de confiança e colaboração. Os exemplos mostram a tela inicial, espaço para maiores informações e inserção de identidade visual de entidades que certificam a qualidade do processo e o acesso aos termos legais.

Figura 4. Telas iniciais de apresentação de informações do aplicativo



Fonte: os autores

No primeiro acesso, ou quando se fizer necessário, o usuário irá acessar a tela de preenchimento de dados de cadastro (Figura 5). A chave primária adotada nesta proposta é o CPF, além de dados de contato e informações sócio-econômicas que se fizerem necessárias. É importante que o formulário seja sucinto, trazendo somente campos essenciais para a construção das MOD.

Após o cadastro, será apresentado um questionário rápido sobre a opinião do usuário quanto a mobilidade urbana de Campos dos Goytacazes (Figura 6).

Figura 5. Tela de cadastro do usuário

< Sign Up

CRIE NOVA CONTA

CPF

Número do celular

Data de nascimento

Renda

Gênero

Concordo com os termos de uso

Permito o uso do gps

SIGN UP

Já tem uma conta? Faça o login

Fonte: os autores

Figura 6. Telas de questionário



Fonte: os autores

O uso contínuo do aplicativo poderá trazer vantagens ao usuário, como num sistema de pontuação que pode ser trocada por benefícios, e a figura 7 mostra exemplo de como se pode acompanhar o uso do aplicativo. Os dados gerados podem (e devem) ser acessados pelo usuário, para simples conferência, e também para colaborar com o seu envolvimento no processo.

**Figura 7.** Telas de acompanhamento do uso pelo usuário



Fonte: os autores

Através deste protótipo, buscou-se atender aos requisitos para a construção do aplicativo, levantados na Revisão Sistemática da Literatura. Ainda de forma simplificada, estes estão sendo atendidos com a proposta. Ao buscar eliminar as problemáticas comuns na construção de Matrizes Origem x Destino através da coleta de dados via aplicativo de celular, constrói-se um ponto importante que poderá se integrar às demais etapas do projeto, na construção de um sistema de monitoramento e gestão da mobilidade urbana.

### **Elaboração de Modelos de Relatório**

As informações captadas pelo aplicativo serão condensadas em relatórios disponíveis para o próprio usuário, para serem acessadas livremente e para provocar sentimentos de participação na melhoria da mobilidade de Campos dos Goytacazes. As

informações poderão ser visualizadas em gráficos diários, semanais, mensais e anuais. O aplicativo também gerará relatórios gerais, com as informações de todos os usuários, como mostra a figura 8. As informações serão dispostas de forma diária, indicando então o dia e o mês, além de cada relatório podendo ser dividido a partir de uma origem e um destino pré definidos. Os horários do dia serão divididos de 3 em 3 horas, sendo que em cada intervalo de tempo terá uma linha destinada a cada modal observado. As viagens totais realizadas no dia serão somadas e convertidas em porcentagem.

**Figura 8.** Telas de acompanhamento do uso pelo usuário

Origem	Destino	00:00 - 03:00	03:00 - 06:30	06:30 - 09:00	09:00 - 12:00	12:00 - 15:00	15:00 - 18:00	18:00 - 21:00	21:00 - 24:00	Total de viagens no dia	Porcentagem do total
Jardim	Parque										
	Autocarro										
	Bicicleta										
	Moto										
										<b>Total</b>	

Fonte: os autores

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extensa pesquisa que buscou entender a matriz origem x destino (MOD) e como ela é realizada, foi centrada nos países da América Latina, mais especificamente no Brasil, para poder aproximar a realidade dos artigos analisados ao foco da pesquisa, que é a cidade de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. A MOD é uma ferramenta utilizada para entender o fluxo de pessoas através de informações coletadas, podendo aplicá-las no planejamento de mobilidade urbano. Os três métodos mais utilizados para a coleta de informações são: aplicação de questionário, utilização de Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) e leitura de dados pela Global Positioning System (GPS). De um modo geral, essas três possibilidades ainda deixam lacunas, tornando os resultados menos precisos. Através dos empecilhos encontrados, foi estabelecido diretrizes para a construção da MOD:

- Obter e armazenar dados para a determinação de zonas de produção e zonas de

atração de tráfego (local de origem, local de destino, horário de início, horário de fim, duração da viagem);

- Ser de uso contínuo, com coleta atualizada de dados;
- Coletar dados sócio-econômicos;
- Coletar e classifique o propósito do deslocamento do usuário;
- Armazenar e/ou tratar de forma segura os dados.

A etapa de construção dos diagramas e interfaces do aplicativo foi um processo de visualização sobre seu funcionamento, contendo as informações necessárias para sua aplicação. De forma simplificada, o órgão público tem o papel de incentivar o usuário a baixar o aplicativo, criando uma sensação de pertencimento e participação. Após a instalação, será realizado um questionário sobre o índice de satisfação acerca da mobilidade em Campos dos Goytacazes.

Passado essa etapa, o servidor e o administrador terão a responsabilidade de efetuar as devidas manutenções do aplicativo, que gerará Diagramas de Atividade e de Sequência.

Com o aprofundamento das etapas iniciais propostas, houve necessidade de ajustes do cronograma de trabalho, e a programação do aplicativo, bem como sua implementação não foram realizadas. Em contraponto, este trabalho trouxe um panorama bastante amplo acerca das discussões científicas sobre o tema. Para o prosseguimento deste trabalho, sugere-se a lapidação os estudos iniciais da funcionalidade e os resultados do aplicativo, para que ocorra, então sua programação e implementação.

Este trabalho, como parte de uma parceria mais ampla realizada entre o Instituto Federal Fluminense e o IMTT de Campos dos Goytacazes, mostra a potencialidade que a união entre recursos da academia e dos gestores públicos podem trazer resultados relevantes, que objetivam o bem-estar dos cidadãos.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Lauren, JIANG, Shan; MURGA, Mikel; GONZÁLEZ, Marta C. Understanding individual mobility patterns from urban sensing data: A mobile phone trace example. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, [s. l.], v. 58 n. 1 p. 240-250, 2015.

ALVES, Eliseu; SILVA E SOUZA, Geraldo; MARRA, Renner. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. *Revista de Política Agrícola*, [s. l.], ano XX, p. 80-88, 2011.

Barceló, J., Montero, L., Bullejos, M., Linares, M. P., & Serch, O. (2013). Robustness and Computational Efficiency of Kalman Filter Estimator of Time-Dependent Origin–Destination Matrices: Exploiting Traffic Measurements from Information and Communications Technologies. *Transportation Research Record*, 2344(1), 31–39.  
<https://doi.org/10.3141/2344-04>

CALABRESE, Francesco; MI, Diao; LORENZO, Giusy; FERREIRA JR., Joseph; RATTI, Carlo. Understanding individual mobility patterns from urban sensing data: A mobile phone trace example. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, [s. l.], v. 26, n. 1 p. 301-313, 2013.

CASCETTA, Ennio ; NGUYEN, Sang. A unified framework for estimating or updating origin/destination matrices from traffic counts. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 22, n. 6, p. 437–455, 1988

CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. . Métodos de sistematização de literatura em estudos científicos: bibliometria, meta-análise e revisão sistemática. *Internext*, [S. l.], v. 17, n. 2,

p. 284– 292, 2022. DOI: 10.18568/internext.v17i2.704. Disponível em:

<https://internext.espm.br/internext/article/view/704>. Acesso em: 23 ago. 2023.

IQBAL, Md Shahadat; CHOUDHURY, Charisma F.; WANG, Pu; GONZÁLEZ, Marta C. (2014).  
Development of origin – destination matrices using mobile phone call data.

Transportation Research Part C: Emerging Technologies, [s. l.], v. 40, p. 63–74, 2014.

LARIJANI, Anahid Nabavi ; OLTEANU-RAIMOND, Ana-Maria ; PERRET, Julien ; BRÉDIF,  
Mathieu ; ZIEMLIKI, Cezary. Investigating the mobile phone data to estimate the origin  
destination flow and analysis ; case study : Paris region. Transportation Research  
Procedia, v. 6, p. 64–78, 2015.

MACEDO, Silvio Soares; SAKATA, Francine Gramacho. Parques urbanos no Brasil. 3 ed.  
São Paulo: EDUSP, 2010

MONARI, Marcelo; SEGANTINE, Paulo Cesar Lima. Método Para Definição de Rede de  
Rotas Cicláveis em Áreas Urbanas ee Cidades ee Pequeno Porte: Um estudo e caso para  
a cidade de Bariri-SP. Transportes (Rio de Janeiro), vol. 27, no. 2, pp. 149–164, 2019.

MORAES, Taciano Messias. O uso de dashboards de Big Data Analytics no contexto das  
Cidades Inteligentes. Cidades e Tecnologia: 2º Grupo de Pesquisa do ITS Rio, Rio de  
Janeiro, 2017.

Disponível em: <[https://beta.itsrio.org/wp-content/uploads/2018/03/taciano\\_moraes-  
dashboard.pdf](https://beta.itsrio.org/wp-content/uploads/2018/03/taciano_moraes-dashboard.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2022.

MTPA (2018). Política Nacional de Transportes - PNT. Portaria nº 235, de 28 de março  
de 2018. Institui a Política Nacional de Transportes e estabelece princípios, objetivos,

diretrizes e instrumentos para o setor de transportes. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Brasília.

PETTINGA, A. et al. Cycling-Inclusive Policy Development: A Handbook. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, 2009. Utrecht, Holanda.

SILVA, Leandro Rodrigues; DE PAULA, Rubem Oliveira; YAMASHITA, Yaeko; SILVA, Luiz Noberto Branquinho. Análise da mobilidade interurbana no Brasil por meio de uma matriz origem destino de dados da telefonia móvel. Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), nº 22 (Dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 52 - 82, 2021.

SOUSA, I. C. N.; SANCHES, S. P. Proposta de procedimentos para definição de redes cicloviárias em cidades de porte médio. Anais do XXIX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, v.1, p. 1682-1685, 2015.

SPIESS, Heiz. A maximum likelihood model for estimating origin-destination matrices. Transportation Research Part B: Methodological, v. 21, n. 5, p. 395–412, 1987.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. British Journal of Management, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-8551.00375>

VAN ZUYLEN, Henk J.; WILLUMSEN, Luis G. The most likely trip matrix estimated from traffic counts. Transportation Research Part B: Methodological, v. 14, n. 3, p. 281–293, 1980.

VILLAÇA, Flávio. Espaço intra-urbano no Brasil. 2 ed., São Paulo, Studio Nobel: FAPESP:  
Lincoln Insitute, 2001.