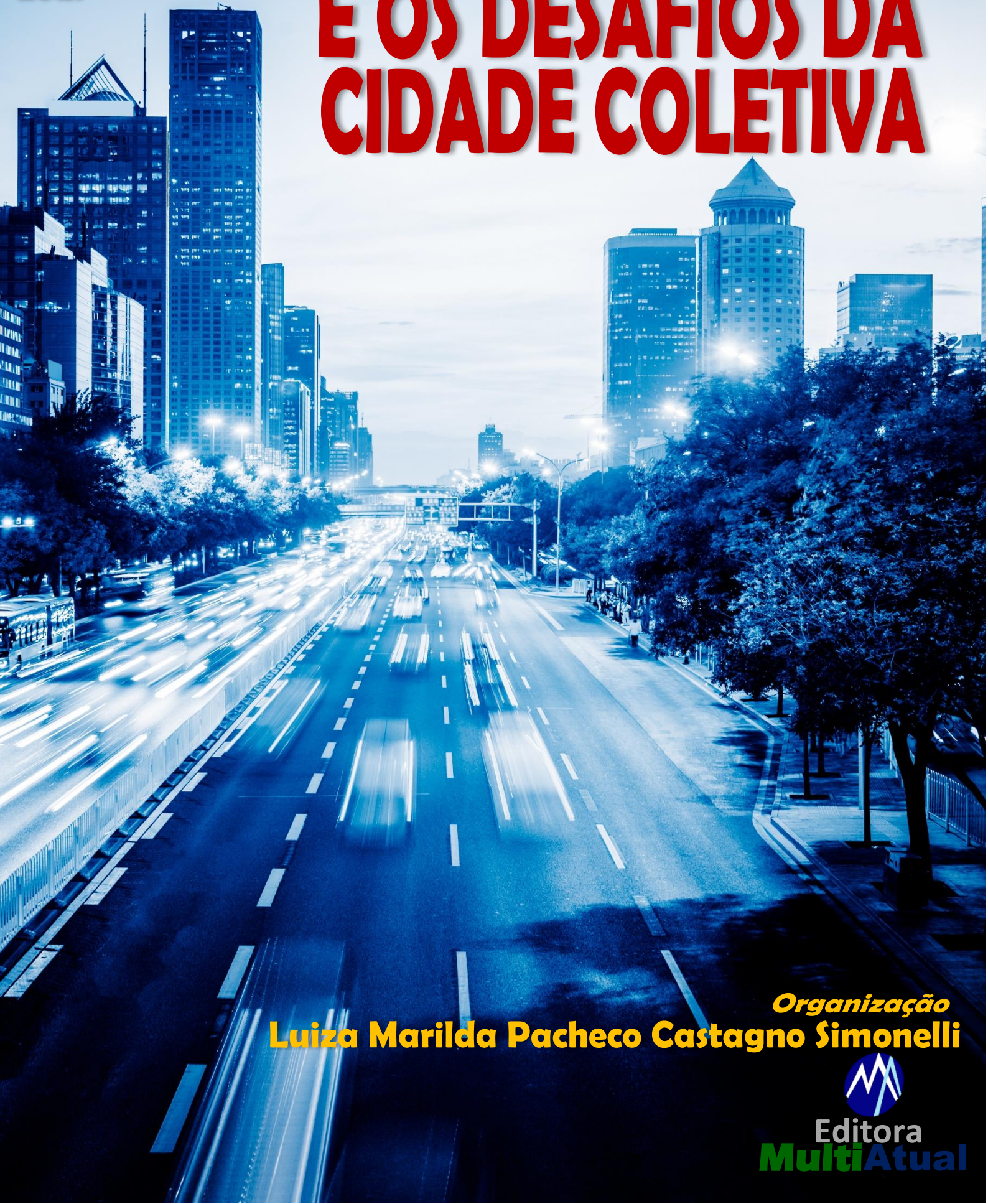


Volume  
**1**  
2021

# MOBILIDADE URBANA E OS DESAFIOS DA CIDADE COLETIVA



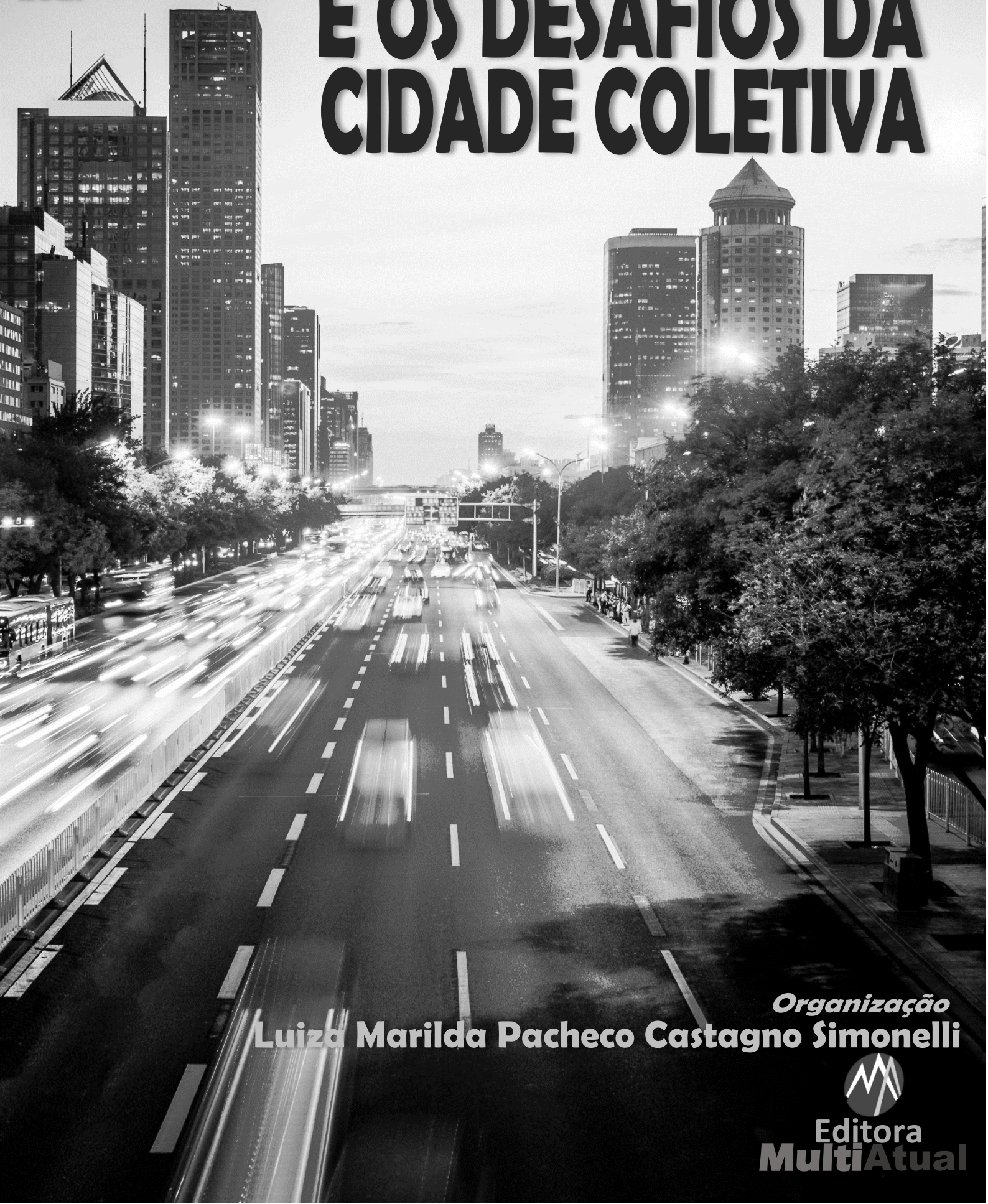
*Organização*  
**Luiza Marilda Pacheco Castagno Simonelli**



Editora  
**MultiAtual**

**Volume**  
**1**  
**2021**

# **MOBILIDADE URBANA E OS DESAFIOS DA CIDADE COLETIVA**



*Organização*  
**Luiza Marilda Pacheco Castagno Simonelli**



**Editora**  
**MultiAtual**

© 2021 – Editora MultiAtual

[www.editoramultiatual.com.br](http://www.editoramultiatual.com.br)

editoramultiatual@gmail.com

**Organizadora:** Luiza Marilda Pacheco Castagno Simonelli

**Editor Chefe:** Jader Luís da Silveira

**Editoração e Arte:** Resiane Paula da Silveira

**Capa:** Freepik/MultiAtual

**Revisão:** Respective autores dos artigos

### **Conselho Editorial**

Ma. Heloisa Alves Braga, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, SEE-MG

Me. Ricardo Ferreira de Sousa, Universidade Federal do Tocantins, UFT

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Me. Glauber de Araújo Barroco Lobato, Fundação Getúlio Vargas, FGV

Esp. Ricael Spirandeli Rocha, Instituto Federal Minas Gerais, IFMG

Ma. Luana Ferreira dos Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Ma. Ana Paula Cota Moreira, Fundação Comunitária Educacional e Cultural de João Monlevade, FUNCEC

Me. Camilla Mariane Menezes Souza, Universidade Federal do Paraná, UFPR

Ma. Jocilene dos Santos Pereira, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Esp. Alessandro Moura Costa, Ministério da Defesa - Exército Brasileiro

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Dra. Haiany Aparecida Ferreira, Universidade Federal de Lavras, UFLA

Me. Arthur Lima de Oliveira, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ, CECIERJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S598m Simonelli, Luiza Marilda Pacheco Castagno  
Mobilidade Urbana e os Desafios da Cidade Coletiva / Luiza Marilda  
Pacheco Castagno Simonelli (organizadora). – Formiga (MG):  
Editora MultiAtual, 2021. 214 p. : il.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-994079-6-3

DOI: 10.5281/zenodo.4766198

1. Mobilidade Urbana. 2. Cidade. 3. Coletivo. 4. Desafios. I.  
Simonelli, Luiza Marilda Pacheco Castagno. II. Título.

CDD: 343.094

CDU: 635

*Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam  
responsabilidade de seus autores.*

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os  
fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora MultiAtual

CNPJ: 35.335.163/0001-00

Telefone: +55 (37) 99855-6001

[www.editoramultiatual.com.br](http://www.editoramultiatual.com.br)

[editoramultiatual@gmail.com](mailto:editoramultiatual@gmail.com)

Formiga - MG

Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>



## **Autores**

**Adriana Goulart dos Santos**

**Alexandra Patricia Albareda**

**Alexandre Mikowski**

**Amir Mattar Valente**

**Andressa Rosa Mesquita**

**Breno Salgado Barra**

**Camila Belleza Maciel Barreto**

**Daniel da Silva Dias**

**Daniel Hastenpflug**

**Diamantino Augusto Sardinha Neto**

**Eduardo Cesar Amancio**

**Estéfani Clara**

**Fábio Gonçalves Cavalcante**

**Gabriela da Costa Bonetti**

**Helena Paula Nierwinski**

**Juliana Bevilacqua Jacob**

**Leandro Podda**

**Leonardo Amorim de Araujo**



**Leto Momm**  
**Lilian Kethelyn Brum Maciel Rodrigues**  
**Luiz Marcelo Teixeira Alves**  
**Luiza Marilda Pacheco Castagno Simonelli**  
**Marcelo Heidemann**  
**Maria Isabel Iijima**  
**Mayra Branco**  
**Natalia Luiza Cavichioli**  
**Nestor Cortez Saavedra Filho**  
**Nivaldo Gerônimo da Silva Filho**  
**Paula Carolina Alves Pudell**  
**Rafael Gândara Calabria**  
**Ruan Marcos Xavier**  
**Sheila Elisângela Menini**  
**Tatiana Maria Cecy Gadda**  
**Tiago Augusto Pianezzer**  
**Valter Zanela Tani**  
**Victor Hugo-Pereira**  
**Yader Guerrero Pérez**

## APRESENTAÇÃO

Mobilidade Urbana é definida como a condição que permite o deslocamento das pessoas em uma cidade, com o objetivo de desenvolver relações sociais e econômicas. Ônibus, metrô, outros transportes coletivos e carros fazem parte das soluções de mobilidade. Diariamente as cidades estão perdendo a capacidade de permitir que as pessoas se movam com qualidade.

Por este motivo, o tema mobilidade urbana passou a ser repensado. Há interesse em trazer de volta o seu sentido primário e original, para melhorar a qualidade de vida das pessoas de forma sustentável. Isso inclui aspectos econômicos, sociais e políticos. A legislação brasileira garante uma política pública teoricamente eficiente quando o assunto é mobilidade urbana. Dentre as leis que auxiliam na melhoria da mobilidade nas cidades, temos: o Estatuto das Cidades; a Lei 12.587/12 (que rege as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana); a Lei 13.089/15 (conhecida como Estatuto da Metrópole); a recente Lei 13.683/18, que trouxe pequenas alterações nas duas leis anteriores.

Assim, a obra “Mobilidade Urbana e os Desafios da Cidade Coletiva” foi concebida diante artigos científicos especialmente selecionados por pesquisadores da área. Os conteúdos apresentam considerações pertinentes sobre os temas abordados diante o meio de pesquisa e/ou objeto de estudo. Desta forma, esta publicação tem como um dos objetivos, garantir a reunião e visibilidade destes conteúdos científicos por meio de um canal de comunicação preferível de muitos leitores.

Este e-book conta com trabalhos científicos da área de Mobilidade Urbana, aliados às temáticas das práticas ligadas a sustentabilidade, a inovação, bem como os aspectos que buscam contabilizar com as contribuições de diversos autores. É possível verificar a utilização das metodologias de pesquisa aplicadas, assim como uma variedade de objetos de estudo.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Capítulo 1</b><br><b>O DESAFIO INTERMODAL: NOVAS PERSPECTIVAS EM METODOLOGIA DE EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO</b><br><b>Luiza Simonelli; Nestor Cortez Saavedra Filho</b>                                                                                                                                            | <b>11</b> |
| <b>Capítulo 2</b><br><b>PRIORIDADE DO TRANSPORTE COLETIVO NAS MAIORES CAPITAIS BRASILEIRAS</b><br><b>Luiz Marcelo Teixeira Alves; Rafael Gândara Calabria</b>                                                                                                                                                      | <b>33</b> |
| <b>Capítulo 3</b><br><b>ANÁLISE DE FATORES CONTRIBUINTES PARA A PERDA DA VELOCIDADE OPERACIONAL EM SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO: UM ESTUDO DE CASO</b><br><b>Eduardo Cesar Amancio; Mayra Branco; Natalia Luiza Cavichioli; Maria Isabel Iijima; Gabriela da Costa Bonetti; Tatiana Maria Cecy Gadda</b>         | <b>50</b> |
| <b>Capítulo 4</b><br><b>AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E MECÂNICAS DAS CINZAS DE TERMELÉTRICA APLICADAS EM MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS</b><br><b>Estéfani Clara; Breno Salgado Barra; Leto Momm; Alexandre Mikowski; Adriana Goulart dos Santos</b>                                                     | <b>66</b> |
| <b>Capítulo 5</b><br><b>MISTURAS ASFÁLTICAS DO TIPO PMF E CA: UMA AVALIAÇÃO PARAMÉTRICA COMPARATIVA</b><br><b>Breno Salgado Barra; Yader Alfonso Guerrero Pérez; Daniel Hastenpflug; Lilian Kethelyn Brum Maciel Rodrigues; Ruan Marcos Xavier; Alexandre Mikowski; Marcelo Heidemann; Helena Paula Nierwinski</b> | <b>81</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Capítulo 6</b><br><b>AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PROJETO PARA ESTRUTURAS DE ACOSTAGEM DE NAVIOS: ESTUDO DE CASO APLICADO AO TERMINAL PORTUÁRIO PÚBLICO DE ITAJAÍ-SC</b><br><b>Helena Paula Nierwinski; Leandro Podda; Marcelo Heidemann; Breno Salgado Barra</b>                       | <b>95</b>  |
| <b>Capítulo 7</b><br><b>O METRÔ DE SÃO PAULO COMO AGENTE DE ACESSO À EDUCAÇÃO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO EM UNIVERSIDADES PRIVADAS</b><br><b>Diamantino Augusto Sardinha Neto; Fábio Gonçalves Cavalcante</b>                                                                               | <b>110</b> |
| <b>Capítulo 8</b><br><b>UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA IDENTIFICAÇÃO DE VIAS POTENCIAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE CICLOVIAS EM CIDADES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE</b><br><b>Sheila Elisângela Menini; Andressa Rosa Mesquita; Daniel da Silva Dias; Leonardo Amorim de Araujo</b> | <b>128</b> |
| <b>Capítulo 9</b><br><b>UM DIAGNÓSTICO DA MOBILIDADE URBANA NAS GRANDES CIDADES PARANAENSES</b><br><b>Victor Hugo-Pereira; Alexandra Patricia Albareda</b>                                                                                                                               | <b>147</b> |
| <b>Capítulo 10</b><br><b>CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS OCORRIDOS EM LOCAIS CRÍTICOS DE ACORDO COM O RISCO ASSOCIADO À RODOVIA</b><br><b>Tiago Augusto Pianezzer; Camila Belleza Maciel Barreto; Valter Zanela Tani; Amir Mattar Valente</b>                                   | <b>161</b> |

**Capítulo 11**

**IMPLANTAÇÃO DE LINHAS DE TRANSPORTE PÚBLICO  
CIRCULAR EM CIDADES DE MÉDIO PORTE: UM ESTUDO  
DE CASO**

**Eduardo Cesar Amancio; Mayra Branco; Maria Isabel  
Iijima; Paula Caroline Alves Pudell; Natalia Luiza  
Cavichioli; Gabriela da Costa Bonetti; Tatiana Maria  
Cecy Gadda**

**175**

**Capítulo 12**

**AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE A PARTIR DO  
ICAM ITDP EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE**

**Juliana Bevilacqua Jacob; Nivaldo Gerônimo da Silva  
Filho**

**194**

**Biografias**

**CURRÍCULOS DOS AUTORES**

**207**



## **Capítulo 1**

# **O DESAFIO INTERMODAL: NOVAS PERSPECTIVAS EM METODOLOGIA DE EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO**

**Luiza Simonelli**

**Nestor Cortez Saavedra Filho**

## **O DESAFIO INTERMODAL: NOVAS PERSPECTIVAS EM METODOLOGIA DE EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO**

**Luiza Simonelli**

Mestre em Tecnologia e Sociedade

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade – PPGTE

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

**Nestor Cortez Saavedra Filho**

Professor Doutor na Graduação e no Programa de Pós-Graduação na Universidade  
Tecnologia e Sociedade – PPGTE, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- UTFPR

### **1 Introdução**

O ensino-aprendizagem da educação básica, no Brasil, divide-se em grupos de disciplinas, obedecendo o disposto pelo Ministério da Educação – MEC, no Plano Nacional de Educação – PNE e na Base Nacional Comum Curricular - BNCC. A uniformização trazida pelo PNE e pela BNCC tem por fundamentos, o conhecimento de conteúdos básicos e desenvolvimento de habilidades, linearmente. (BRASIL, 2017) – Referência)

Os conteúdos que se buscam atingir são distribuídos em disciplinas como a Matemática, a Língua Portuguesa, Geografia, História, dentre outras. Cada disciplina deve sustentar diretrizes essenciais aos resultados esperados, como a Língua Portuguesa, que deverá ter como o resultado da aprendizagem, a leitura e a escrita ou a matemática, deverá resultar na resolução de operações envolvendo números. Gera-se, desta maneira a expectativa, de que a aplicação dos conteúdos seja suficiente para o atingimento das mesmas habilidades em alunos com realidades diferentes.

Sopesando as determinações nacionais do MEC (BRASIL, 2017) – Referência) e as realidades locais, o mais interessante é observar as diferenças de cada lugar e,

especificamente, as diferenças entre os alunos, pelo fato de que nem todos se interessam pelos mesmos assuntos ou temas. A tarefa da escola é aproximar os fatos dos conteúdos sistematizados, alinhando às realidades ao desenvolvimento das habilidades. O interesse pelos fatos desperta e facilita o ensino-aprendizagem. A questão a ser exposta e enfrentada é a necessária conciliação entre os conteúdos programáticos e os saberes que já são de conhecimento da criança antes de se defrontar com a escola. A escola pode amoldar-se àquilo que já é sabido pela criança e deste conhecimento prévio mediar os conteúdos, conduzindo assim ao conhecimento científico. PROBLEMA?

Para se chegar nessa condição ideal, é preciso privilegiar a conjugação de saberes de todas as áreas na transversalidade e os saberes já aferidos pelo aluno em outros ambientes, com os aqueles que serão adquiridos na escola. O entrelaçamento desses dois mundos em um só, é a tarefa mais instigante e desafiadora para a escola. Para Freire (1997), quando ocorre a construção conjunta da realidade, esta se transforma em conteúdo programático, elegendo-se o universo dos temas que se transforma em conteúdo programático, se elege o universo dos temas, o universo mínimo temático e por consequência, os temas geradores. Freire (1997) ensina ainda que não concebe os conteúdos programáticos como imposição, mas sim a devolução organizada e sistematizada daqueles elementos importantes para o povo.

Dentre vários assuntos que a criança conhece, está o seu próprio deslocamento e o local que ela vem, por onde passa, como chega na escola e o tempo gasto no percurso. Ao meio desse emaranhado de questões, já de conhecimento do aluno, está a problematização e o propósito deste artigo: a compreensão do mundo externo e a possibilidade de apropriação do conhecimento para a resolução de questões cotidianas, como por exemplo, aspectos da mobilidade urbana, tema sempre recorrente, por envolver transporte coletivo, trânsito e planejamento urbano, todos latentes para as comunidades onde estão inseridas as escolas. Dentro desse escopo, este trabalho procura não perder a oportunidade de discutir a mobilidade na perspectiva Freiriana de aprender para se libertar. (FREIRE, 1997).

Já se sabe que o aluno poderá responder questões sobre o trânsito e mobilidade, quais os cuidados devem ter, quais as principais formas de locomoção das pessoas e até já se reconhece como protagonista desse cenário cotidiano. Possivelmente, o aluno também já compreende que o trânsito seja composto de muitos veículos motorizados e que o pedestre tenha que ter receios e cuidados com

a máquina. São vozes que ditam estes fatos como consolidadas: muitos carros, portanto tome-se cuidado, pois essa é a sua realidade. Mas, há que se aguçar a curiosidade, pois nem sempre foi assim.

O aluno, talvez, não saiba que no Brasil há uma das maiores frotas de veículos do mundo, em relação ao número de pessoas. A explosão da taxa de motorização das cidades foi se afirmando e o veículo individual tomando posições relevantes no trânsito, dificultando a mobilidade de outros modais, ao mesmo tempo que foi se demandando dos gestores públicos, uma nova maneira de pensar as cidades. Em 2003, no Brasil 29,8% da população se deslocava usando transporte público, 28,8% usando transporte individual e 41, 4% em meios de transporte não motorizados (bicicleta ou a pé). Já em 2012, portando, depois de nove anos, 29% se mantiveram no transporte coletivo, 31% foram para o transporte individual e 40% em transportes não motorizados. Esses dados divulgados pelo Guia Vida no Trânsito (BRASIL, 2013) foram compilados pela Associação Nacional de Transporte Público (ANTP), em 2014. Segundo o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, na atualidade, circulam em vias do país, mais de 100 milhões de veículos, restando para outros modais de locomoção, poucos espaços em vias urbanos.

Para uma melhor compreensão do aluno, é preciso que a escola o leve a saber que, 54,52% da frota do Brasil são de veículos individuais e 22,62% são motocicletas e apenas 0,63% são ônibus (BRASIL, 2017). Outros pontos relevantes devem ser explorados pelo ensino científico, como aqueles relativos aos impactos ambientais, de mortes e de recursos financeiros despendidos em ocorrências de trânsito.

Uma vez deflagradas as dificuldades em inserir o aluno no contexto local e fazer destes fatos, a descoberta dos fatos científicos, por meio das determinações do MEC, do PNE e BNCC (BRASIL, 2017), o presente artigo apresenta uma proposta de metodologia de ensino-aprendizagem do tema trânsito, com foco nos saberes populares e na vinculação destes saberes ao conhecimento científico. A metodologia referida, fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos, de Delizoicov, Angotti, Pernambuco (2011), é a transposição do Desafio Intermodal (DI) para o ambiente escolar, conciliando temas relacionados ao trânsito com os conhecimentos sistematizados da educação básica.

O DI ficou conhecido nacionalmente por ser prática anual do Programa de Extensão Ciclovida da Universidade Federal do Paraná- UFPR, com participação da comunidade em geral, com o objetivo de demonstrar aos gestores públicos a

eficiências dos modais de transporte e a possibilidade de inserir nos planejamentos urbanos, a mobilidade saudável.

Notadamente, o DI do Programa Ciclovida foi adaptado para ser desenvolvido em Escolas Municipais da Rede Pública de Curitiba, entre 2014 e 2017, com o objetivo de demonstrar que o conhecimento científico poderia dar significado à medida de redução de velocidade em vias urbanas, a diversos modais de transporte, a infraestrutura, como a qualidade de calçadas e sinalização viária, obtendo-se assim, resultados imediatos nas ocorrências de trânsito, reduzindo os óbitos, por exemplo ou ainda, como a compreensão de a bicicleta chegar antes, tendo feito o mesmo percurso que o veículo motorizado.

Cumprir informar que a Metodologia do DI foi desenvolvida por professores e profissionais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, da Universidade Federal do Paraná- UFPR, das Secretarias Municipais de Educação e de Trânsito de Curitiba, Capital do Paraná.

## **2. Desenvolvimento**

### **2.1 Desafio Intermodal: Uma perspectiva para a cidade**

Jan Ghel (2017) em artigo intitulado *A dimensão humana: uma abordagem sustentável do planejamento urbano* e publicado na obra *Caminhabilidade no Brasil no Mundo*, organizada por Andrade *et al.* (2017), comenta que há uma necessidade crescente em criar cidades para pessoas e o planejamento deve prover vias seguras, sustentáveis e saudáveis.

Perpassando por cidades que planejaram o meio urbano com foco em locomoção para pessoas, temos no Brasil alguns exemplos. Curitiba tem sido um expoente em planejamento urbano, muito pela dedicação ao transporte coletivo. Segundo Caruso (2010) em 1974, o poder público local implantou os eixos estruturais e isso facilitou a implantação de um sistema de transporte público, por meio dos corredores exclusivos, conhecido como *Bus Rapid Transit* - BRT, com o finco de trazer fluidez para os deslocamentos da grande massa da população. Passadas quase quatro décadas, no entanto, Curitiba é uma das cidades mais motorizadas do Brasil (BRASIL, 2016) tendo por reflexo, além do comprometimento do bem-estar das pessoas, o número de óbitos de pedestres na primeira década dos anos 2000.

Obviamente, o cenário urbano atual de Curitiba não é muito diferente de outras

cidades brasileiras, por contingências também iguais: busca de desenvolvimento, tendo no número de veículos circulando sinal de crescimento econômico, recolhimentos de impostos, geração de emprego e renda. Entretanto, ao se prover as condições para se trazer tantos veículos para próximos das pessoas, há que se cumprir com êxito o exigido pelo tripé engenharia (infraestrutura adequada), fiscalização eficiente e processo educativo contínuo.

Em 2007, surgiu a necessidade de discutir a eficiência dos modais de transporte, em Curitiba e se rediscutir as prioridades na infraestrutura, especialmente para inserir a bicicleta e o pedestre, na saga diária dos deslocamentos. Movimentos cicloativistas em diversas cidades começaram a propor e executar o Desafio Intermodal (DI), formado na sua maioria por ciclistas, começou a pontuar questões importantes para essa cidade. Em Curitiba, poucos anos depois, o DI foi incorporado ao Programa de Extensão Ciclovida da Universidade Federal do Paraná-UFPR.

Na lição de Pereira (BELOTTO et al., 2014) para além do evento em si o DI, baseado em seus resultados, o estudo da mobilidade urbana, com o objetivo de demonstrar à sociedade as maneiras de deslocamento mais eficientes. O intuito maior da atividade, foi demonstrar ao poder público um novo olhar para os não motorizados, bem como a sua viabilidade, do ponto de vista de tempo, custos e sustentabilidade, e a ausência eficaz de infraestrutura para a utilização adequada desses modais.

A esse respeito Saavedra (BELOTTO et al., 2014) demonstra que é possível desenvolver uma metodologia contextualizada e que consiga instigar nos alunos, empatia com as disciplinas de ciências naturais, no caso reportado, a Física, tendo como questão motivadora temas ligados ao trânsito. De um ponto de vista de fundamentos, o trânsito baseia-se no tripé Infraestrutura, Fiscalização e Educação (CONTRAN, 2014). Se, por um lado, a infraestrutura e a fiscalização são constantemente enfatizadas pelo poder público, por outro lado, a educação para o trânsito é relegada a inserções fugazes nas grades curriculares e timidamente tratada, pois se internalizou que a formação de condutores, em autoescolas, se ocupará deste encargo. Os indicadores de acidentes e mortalidade no trânsito brasileiro colocam em questão se algumas horas de aulas teóricas e práticas teriam o condão de transformar a postura e o comportamento de uma pessoa acima de 18 anos.

### **3. O Desafio Intermodal nas Escolas Municipais de Curitiba: Uma perspectiva de Educação para o Trânsito na Educação Básica e de Conhecimento Científico**

A formação de pessoas para o convívio em trânsito deve ser ocorrer desde a educação básica e de forma contínua, despreocupadamente se o aluno será ou não condutor de veículos motorizados, mas uma formação integral com compreensão do real encargo sobre os efeitos da ação individual e coletiva.

A compreensão da mobilidade perpassa pela educação para o trânsito e a inserção desse tema na escola básica é um início. No entendimento de Fabri (2018), a sociedade mudou e a escola precisa perceber essa mudança, sendo o professor um intelectual transformador. Cumprido os ditames do tripé, a educação para o trânsito poderá resgatar a dimensão das pessoas em seus locais de convívio, de estudo, de trabalho e de lazer, criando-se o ambiente para estudar cidades para pessoas.

É importante ressaltar que a Constituição Federal do Brasil de 1988 encarregou todos os entes da Federação pela educação para o trânsito (art.23, inciso VIII), mas o tema não aparece como prioridade para o MEC e tão pouco há um aprofundamento técnico na preparação de pessoas e materiais educativos e, pior ainda, não há exigência de planejamento ou de resultados deste tema.

Cabe ao educador, revelar ao aluno que, o simples fato de as pessoas se deslocarem de um lado para o outro, é um fenômeno que deve ser estudado, assim como deslocar-se se utilizando um modal de transporte motorizado, por necessidade de chegar em algum lugar a tempo de cumprir uma tarefa, nos leva a estudar o tempo, a massa e a velocidade. Há aqui uma oportunidade de abordagem interdisciplinar, ao fazer-se uso de grandezas relacionados a fenômenos físicos e realidade do trânsito já exposta neste trabalho. A mesma oportunidade também surge para aspectos relacionados à saúde, sustentabilidade, Geografia, etc, que, ao invés de serem abordados de forma estanque nas respectivas disciplinas escolares, podem tomar parte em uma abordagem interdisciplinar tendo o trânsito como mote central. A função da escola neste momento é muito importante, pois o conhecimento deve ser explorado, antes, porém, deve ser organizado e vinculado as diversas áreas, na figura da interdisciplinaridade. A esse respeito, Saavedra (2014), afirma que fomentar a formação dos estudantes via uma educação científica e tecnológica, emancipa e permite uma crítica do mundo. A premissa dessa afirmação do referido autor é legitimada pelo ensinamento de Freire (1997).

Notadamente, Freire (1997) consolidou o pensamento de que as bases da educação sejam fundadas, primeiramente, no conhecimento que o aluno já adquiriu, antes de conhecer os conteúdos sistematizados e, interlaçar os primeiros saberes com aqueles.

### **3.1 O Desafio Intermodal, uma nova metodologia e o fundamento dos Três Momentos Pedagógicos**

O cotidiano e Ciências estão juntos o tempo todo, já que a Ciência, como uma construção cultural (referência) propõe-se a leitura e entendimento daquele, especialmente quando os temas se cruzam como a mobilidade e as formas de deslocamento, o tempo, a velocidade e os gargalos atuais que impedem que as pessoas cheguem aonde desejam e no horário marcado.

Esse conjunto de temas interligados está muito próximo da vida dos alunos, pois o trânsito e os percalços por ele causados, são comuns nestes dias que mais de 100 milhões de veículos estão ruas das cidades brasileiras. Não são raras as vezes em que os alunos se deparam com a realidade das ocorrências em trânsito que trazem as notícias de congestionamentos, mortes e feridos.

Interessante seria se a escola e as áreas do conhecimento das disciplinas escolares fizessem desta explosão de frota motorizada e dos números de óbitos, pontos de reflexão e de diálogo sobre a qualidade de vida das pessoas, do planeta e quais outros tipos de deslocamentos seguros teríamos. Freire (1997) ensina que, somente o diálogo implica um pensar crítico, assim como também tem a capacidade de gerá-lo.

Da falta de ações concretas para se educar para o trânsito, iniciativas que vão além da entrega de folders explicativos e campanhas pontuais, surgem com a proposta de dar sentido no ensino-aprendizagem para que se possam aferir resultados da compreensão.

O desenvolvimento do DI em escolas públicas da rede de Curitiba foi uma iniciativa que se propôs inserir toda a comunidade escolar para compreender o que se passava ao seu entorno, no trajeto dos alunos até a escola, os modais de transporte e como cada um deles influenciou na coletividade e, o mais importante, como a escola poderia formar pessoas dispostas a transfigurar o pesado espectro que se tem sobre o trânsito e da mobilidade em algo compreensível, por meio do conhecimento científico. O trânsito foi o fato gerador.

Para Freire (1997) o tema gerador leva à compreensão do fazer e o pensar, o agir e o refletir, sempre entorno de situações que tenham significado individual, social e histórico.

Nessa perspectiva, o tema gerador **trânsito**, em ação articulada pela escola, poderá trazer uma visão do todo e de abrangência real, rompendo com o conhecimento do senso comum, requerendo do docente uma postura criticada e por derradeiro, discutir os efeitos da mobilidade para o coletivo.

Para tanto, as equipes da UTFPR, da UFPR, das Secretarias Municipais de Trânsito e de Educação de Curitiba, aperfeiçoaram o DI realizado há mais de uma década pela UFPR, por meio do Programa de extensão Ciclovida, para a escala das escolas de Curitiba, todavia, destacando o papel da educação para a transformação de comportamentos.

Primeiramente se requer a demonstração para a direção e a supervisão pedagógica da escola municipal, da atividade DI e da metodologia desenvolvida e revestida pelos Três Momentos Pedagógicos.

Correlacionar ações cotidianas, como movimento, deslocamentos, velocidade, espaço e localização, ao conhecimento científico é uma das tarefas do Desafio Intermodal, entretanto, a compreensão somente será possível, por meio dos Momentos Pedagógicos, da Problemática, da Organização do Conhecimento e a Aplicação. (DELIZOICOV, 2011).

Uma vez que a direção escolar e a equipe pedagógica se apropriam dos avanços que se pode ter na educação para o trânsito, permeada por todas as disciplinas, ocorre a sensibilização também do corpo docente, sobre o que é o desafio intermodal e os reflexos da atividade como agregadora na introdução de conteúdos nas áreas de conhecimento, com o olhar às realidades do cotidiano.

Ato contínuo, a atividade em si é preparada internamente, como divulgação, convite, inscrições, trajetos, outros. Importante o registro de que este estágio também requer o preparo da atividade com órgãos externos, como agentes de trânsito, Guarda Municipal, Serviços de Saúde, dentre outros. Internos também foram os movimentos dos docentes que levaram o tema trânsito, como o fato gerador e desta escolha, os desdobramentos das atividades de maneira interdisciplinar. Dentre os movimentos internos, focados no fato gerador, os participantes escolheram o modal de locomoção do qual se utilizarão para participar da atividade, podendo ser a bicicleta, o ônibus, o veículo motorizado, correndo ou andando.

Neste ínterim, ainda que não tão explícito para os alunos, está em andamento, do **Primeiro Momento Pedagógico, o Momento da Problematização**, com a função de procurar conscientizar os alunos dos possíveis limitações e lacunas do seu conhecimento. (DELIZOICOV, 2011).

A compreensão do contexto sobre trânsito e mobilidade, no qual o aluno estaria imerso, foi o principal propósito da metodologia do DI apresentada às Escolas Municipais de Curitiba, entre os anos de 2015 e 2016.

O DI teve metodologia própria, desenvolvida pelas equipes da Universidade Federal do Paraná e Universidade Tecnológica do Paraná- UTFPR, tendo-se por fundamento os Três Momentos Pedagógicos – 3MP, da obra *Ensino de Ciências fundamentos e Métodos*, de autoria dos doutores Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Marta Maria Pernambuco (DELIZOICOV, 2011). Destaque-se que o desenvolvimento da Metodologia dos 3MP, se baseia na eleição de um fato gerador, de relevância e que instigue seu estudo, por meio da interdisciplinaridade.

Delizoicov (2011) nomeia os Três Momentos Pedagógicos: (i) a problematização (estudo da realidade), (ii) organização do conhecimento e (iii) aplicação do conhecimento. O Momento da problematização é trazer o mundo externo para dentro da escola. Para ir adiante e preparar os alunos para o **segundo Momento, a organização do conhecimento**, cabe ao professor coordenar a exposição das ideias com o propósito de trazer para o centro do debate, o tema gerador e ao mesmo momento, trazer os pontos perspicazes deste tema. **A aplicação do conhecimento**, nas palavras de Delizoicov (2011), destina-se a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno. Neste momento a metodologia se debruça sobre a análise e à interpretação das situações iniciais, que deram azo ao estudo, como também outras que surgiram ao longo dos momentos.

O quadro a seguir tem por objetivo descrever, de forma sintética, as funções de cada Momento Pedagógico e contextualizar as práticas desenvolvidas durante as fases do DI, no qual o fato gerador escolhido foi o trânsito. A estrutura do quadro é baseada nos ensinamentos de Delizoicov (2011), entretanto, a metodologia aplicada para a realização do DI, como já dito, foi idealizada pelas equipes das Secretarias de Educação e de Trânsito de Curitiba, por professores e alunos da UTFPR e UFPR.

| 1. O DI e a Problematização                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2. O DI e a Organização do Conhecimento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3. O DI e a Aplicação do Conhecimento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Os professores expuseram a questão principal, que é a observação do trânsito local, os deslocamentos, os modais e a escola como polo de tráfego de veículos e pedestres.</p> <p>Todos os alunos expuseram suas ideias sobre o trânsito e suas implicações. Tudo foi registrado para posteriormente ser debatido.</p> <p><b>Este Momento Pedagógico é a Problematização.</b></p> <p>Entre o Primeiro Momento – a Problematização e o Segundo Momento – a Organização do Conhecimento, o desafio intermodal foi realizado.</p> | <p>Alunos, professores e comunidade escolar saíram de um mesmo ponto, em modais diferentes, passando por um ponto intermediário e retornaram ao ponto de partida.</p> <p>De volta à sala de aula, ocorreu a <b>Organização do Conhecimento</b> de forma integrada em cada disciplina, ou seja, assuntos como velocidade, espaços públicos, compartilhamento de vias e outros foram resgatados, porém, sob o ponto de vista, do conhecimento científico. Exemplo: como os participantes do desafio intermodal que se utilizaram do transporte coletivo chegaram muito mais tarde que os outros modais.</p> | <p>Os professores desenvolveram atividades que levaram os alunos a perceberem que, por meio do desafio intermodal, o trânsito foi compreendido como uma situação real, porém, com questões a serem resolvidas pela via do conhecimento científico, como por exemplo a necessidade de utilização de modais de transporte sustentáveis que causam menos poluição, acarretando desta forma, menos impactos ambientais e doenças. As disciplinas que foram trabalhadas somente nesta situação real: Geografia e Ciências. Ciências abordaram o sistema respiratório e as complicações para a saúde causadas pelos gases lançados ao ar pelos milhões de veículos que circulam diariamente em vias públicas. Geografia abordou as questões relacionadas com os espaços públicos e a ocupação demasiada por veículos particulares em quilômetros nas cidades.</p> |

Em que pese, o DI ter sido desenvolvido em diversas escolas da rede pública de Curitiba e o relatório dos resultados ter sido divulgado por completo, este artigo trará quadros e tabelas diversos para melhor ilustrar tempo, custos e emissões.

Cumprir dizer que estes resultados serão melhor explorados quando da exposição e do diálogo com o Quadro do Plano Curricular de Curitiba.

### **3.2 Resultados – DI em Escolas Municipais de Rede Pública de Curitiba**

Conforme demonstra o quadro a seguir, nesta escola, sete foram os modais desafiadores e os grupos de pedestres foi o de maior número, quatro ao total. O ponto intermediário escolhido pela coordenação do Desafio, foi o Parque Tanguá, bastante sugestivo para os Momentos Pedagógicos, visto a questão ambiental, turismo e lazer.

|                           |                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ano de realização:</b> | 2016                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Percurso:</b>          | Saída da escola, sendo o ponto intermediário o Parque e a chegada, o retorno à escola.                                                                                                                     |
| <b>Público:</b>           | 9 grupos e alguns participantes avulsos, representando 7 modos diferentes de transporte terrestre.                                                                                                         |
| <b>Modais/Grupos:</b>     | Bicicleta: 2 grupos;<br>Bicicleta Elétrica: 1 participante;<br>Carro: 3 participantes;<br>Corredor: 2 grupos e 1 participante;<br>Motocicleta: 2 participantes;<br>Ônibus: 1 grupo;<br>Pedestre: 4 grupos. |

**Quadro – Escola A**

Fonte: Programa CICLOVIDA/UFPR (2016).

Diversos dados são apurados após a realização do DI, dentre eles as emissões de poluentes, custo, tempo e eficiência de cada um dos modais. Evidentemente que os dados extraídos são muito importantes para o desdobramento dos trabalhos após realizado o Desafio.

| <b>MODAL</b>   | <b>TEMPO</b> | <b>CUSTOS</b> | <b>EMISSIONES</b> | <b>MÉDIA</b> |
|----------------|--------------|---------------|-------------------|--------------|
| Carro          | 4            | 2             | 1                 | <b>2,3</b>   |
| Carro Elétrico | 5            | 3             | 5                 | <b>4,3</b>   |
| Corredor       | 3            | 5             | 5                 | <b>4,3</b>   |
| Ônibus         | 2            | 1             | 2                 | <b>1,7</b>   |
| Pedestre       | 1            | 5             | 5                 | <b>3,7</b>   |

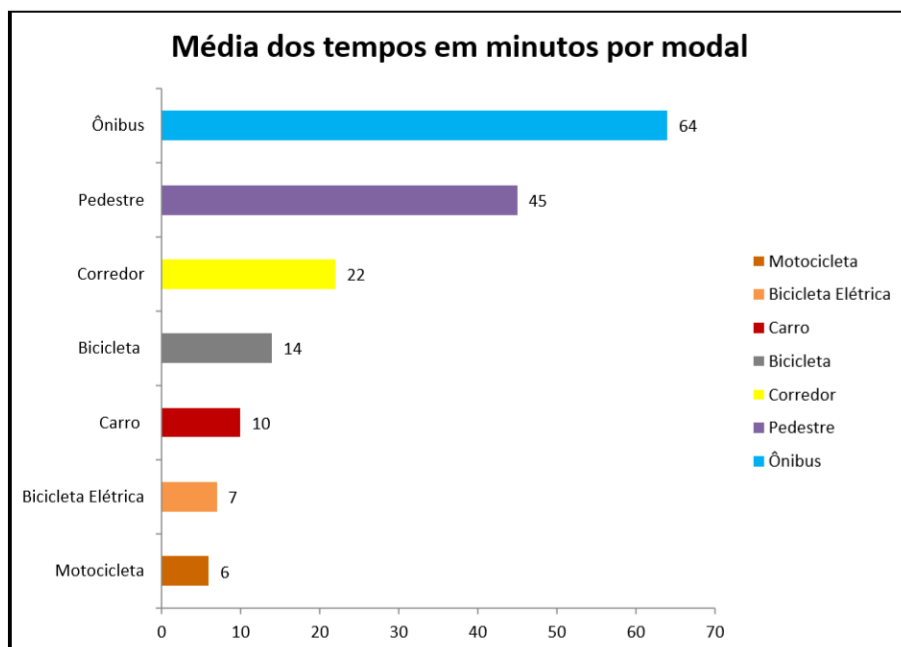
**Tabela– Escola B - Classificação pela média tempo/custo/ emissões por modal**

Fonte: Programa CICLOVIDA/UFPR (2016).

O cálculo dos resultados de tempo de cada meio de transporte considerou a média de tempo dos respectivos participantes. Os custos de cada modal foram calculados de acordo com a média do que foi gasto pelos desafiante, com a respectiva fonte de energia. Conforme o Programa Ciclovida relata, na data do desafio, o preço das passagens de ônibus era de R\$ 3,70 e o preço médio da gasolina em torno de R\$ 3,60. Os modais com gastos irrelevantes (ex: manutenção da bicicleta ou gasto com sola de calçado) foram desconsiderados. Não foram considerados gastos com estacionamento público/privado do carro/moto ou possíveis multas.

Uma discussão que pode perpassar as disciplinas de história e matemática, são os dados sobre os custos do transporte coletivo para o trabalhador, pois, conforme mostram os números, este modal ocupou o primeiro lugar. Qual será o gasto em

transporte de um trabalhador que utiliza duas passagens diárias, por 20 dias úteis durante o mês? Historicamente, o transporte coletivo sempre onerou o trabalhador demasiadamente? Qual a história do transporte público de Curitiba?

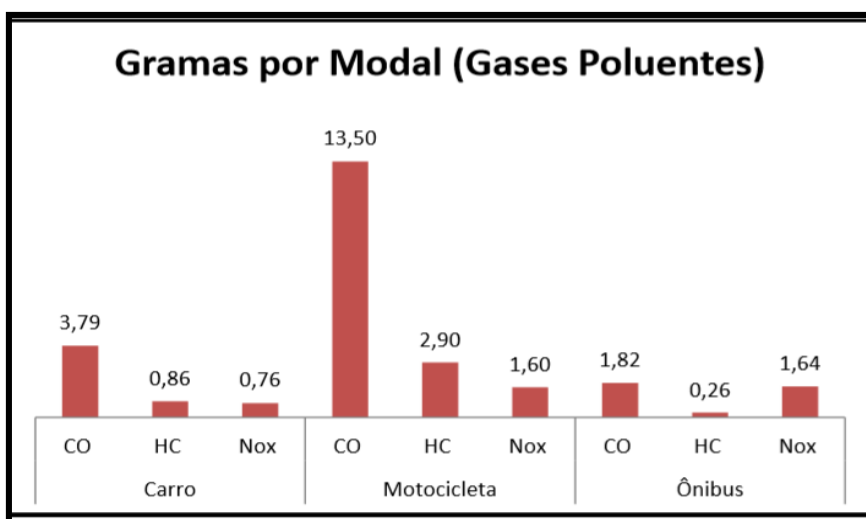


**Gráfico – Escola C - Tempo por modal**  
**Fonte: Programa CICLOVIDA/UFPR (2016).**

É importante relatar que o Gráfico acima corresponde aos resultados de uma Escola Municipal, afastada do centro da cidade e o que os organizadores privilegiaram um percurso plano e reto. A bicicleta aparece em terceiro lugar na média de tempo, pois os participantes que a utilizaram como modal, eram pessoas de pouca experiência. Todavia, o professor que acompanhava os alunos fez questão de aproveitar o DI para enaltecer os aspectos do trânsito, da arquitetura e da história local.

Este esclarecimento é válido, pois, ao observar os valores atribuídos do tempo de cada modal, do referido quadro, atribui-se ao carro e à motocicleta modais exemplo em eficiência, desconsiderando custos, emissões e a observação dos equipamentos públicos.

Conforme o Programa CICLOVIDA, os dados das emissões foram coletados a partir de parâmetros repassados por pesquisadores dos Institutos Lactec. Foram considerados somente os meios de transporte que emitiram poluentes. Os valores das emissões do modal ônibus foram divididos por 60, o que representa a parcela individual de poluente por pessoa em um ônibus com lotação média.



**Gráfico Escola D – Poluentes por modal**  
 Fonte: Programa CICLOVIDA/UFPR (2016).

Importante destacar que discussões envolvendo temas ambientais podem ser muito apropriadas ao se tratar dos dados dos Gráficos das Escolas D e E. Questões envolvendo poluentes e gases dos veículos automotores podem ser analisados em biologia e geografia, como também levantarem as questões dos aterros sanitários e aonde estão localizados. A abordagem principal seria gases como fonte de energia.

Por serem sete meios de transporte, a avaliação foi realizada utilizando notas de um (pior nota) a sete (melhor nota). Para as três variáveis a maior nota (7) corresponde ao menor tempo, ao menor gasto e à menor emissão de poluentes. Quando houver empate os modais obterão a mesma nota. Neste caso, a nota do modal seguinte não será dada em função do próximo número da sequência numérica, mas descontando o número de modais que empataram. Ao final, foi calculada a média das três variáveis. O modal com maior média é tido como o mais eficiente.

| MODAL       | TEMPO | CUSTOS | EMISSÕES | MÉDIA |
|-------------|-------|--------|----------|-------|
| Bicicleta   | 4     | 7      | 7        | 6,0   |
| B. Eletrica | 6     | 4      | 7        | 5,7   |
| Carro       | 5     | 2      | 2        | 3,0   |
| Corredor    | 3     | 7      | 7        | 5,7   |
| Motocicleta | 7     | 3      | 1        | 3,7   |
| Ônibus      | 1     | 1      | 3        | 1,7   |
| Pedestre    | 2     | 7      | 7        | 5,3   |

**Tabela Escola A - Classificação pela média tempo/custo/ emissões por modal**  
 Fonte: Programa CICLOVIDA/UFPR (2016).

#### 4. Os Resultados do DI e a transposição dos dados para o Plano Curricular de Curitiba

Relacionar os resultados do DI e demonstrar que as abordagens dos temas podem ser transpostas ao Plano Curricular de Curitiba, é o desfecho deste trabalho.

Os Três Momentos Pedagógicos possibilitam o desenvolvimento de aulas interessantes e significativas, com todos os elementos já trazidos no Plano.

O Quadro abaixo ilustra a **matemática** com seus conteúdos, do 5º Ano da Educação Básica, possibilitando o desenvolvimento de habilidades e contemplando uma nova maneira do ensino- aprendizagem sobre trânsito e mobilidade.

**Quadro – Novos critérios de aprendizagem com o tema trânsito**

| Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Grandezas e medidas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Crítérios de ensino-aprendizagem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Crítérios de ensino-aprendizagem para desdobramentos de atividades no âmbito do Desafio Intermodal.                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compreender os sistemas de medidas, comparando e estabelecendo relações entre as grandezas na resolução de problemas, em diferentes contextos.                                                                                                                                                                                      | Medidas de comprimento: km, m, dm, cm e mm. Medidas de capacidade: l e ml. Medidas de massa: kg, g e mg.                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Estima, mede, compara e ordena comprimentos, massa e capacidade, utilizando unidades convencionais e transformações (entre unidades usuais) na resolução e elaboração de problemas. Seleciona e utiliza unidades e instrumentos apropriados à grandeza medida.                                                                                                                                          | <b>Reconhece as medidas de velocidade e as relaciona com os impactos em caso de ocorrências de trânsito. Quanto maior a velocidade, há o crescimento exponencial de óbitos e sequelados, em casos de ocorrências de trânsito.</b>                                                                               |
| Orientar-se e deslocar-se no espaço, interpretando e representando a localização e a movimentação de pessoas e objetos (apoiados em mapas, plantas baixas, croquis e esquemas), utilizando linguagem matemática.                                                                                                                    | <b>GEOMETRIA</b> – Localização: noção de coordenadas no plano. Movimentação.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Identifica e descreve a localização e o deslocamento de pessoas e objetos no espaço, considerando mais de um ponto de referência e mudanças de direção, por meio da linguagem matemática (direita, esquerda, paralelas, perpendiculares, transversais, etc.), incluindo o uso de tecnologias digitais e noções de coordenadas.                                                                          | <b>Identifica a atividade Desafio Intermodal como instrumento capaz de trazer o estudo sobre as coordenadas em função do trajeto a ser percorrido.</b>                                                                                                                                                          |
| Compreender o significado dos números naturais e os princípios do Sistema de Numeração Decimal (SND), ampliando a construção dos números para os racionais, em situações contextualizadas, e relacionando suas diferentes formas de representação. Resolver e elaborar problemas que envolvam situações aditivas e multiplicativas. | <b>números e operações</b><br>Frações:– significados (parte todo, quociente e razão)– contínuo e discreto;– termos;– equivalência; – comparação; – fração decimal e número decimal; – números decimais (inteiros, décimos, centésimos e milésimos). Operações fundamentais (números racionais positivos) na resolução de problemas: – números fracionários: adição e subtração (de mesmo | Reconhece, representa e compara as frações unitárias de quantidades (discretas) e da unidade (contínuas), em situações cotidianas, associando a sua representação simbólica aos seus diferentes significados (parte/todo, quociente e razão). Reconhece frações equivalentes e faz uso delas em situações contextualizadas. Realiza leitura, compara e ordena números decimais em diferentes contextos. | Demonstração, por meio de fração, o número da frota de veículos e a população da cidade. Ex: Se Curitiba tem uma frota de veículos de 1 milhão e 489 mil veículos (DENATRAN/2018) e uma população de 1.908.359 (dados do IBGE, 2017). Qual a proporção de habitantes por veículos? 1,281 veículo por habitante. |

|  |                                                      |                                                                        |  |
|--|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--|
|  | denominador); – números decimais: adição e subtração | Realiza aproximações de um decimal para o número natural mais próximo. |  |
|--|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--|

| <b>OBJETIVOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Pensamento algébrico / álgebra</b>                                                                               | <b>CrITÉRIOS de ensino-aprendizagem</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>CrITÉRIOS de ensino-aprendizagem para desdobramentos de atividades no âmbito do Desafio Intermodal.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desenvolver o pensamento algébrico por meio da análise de dados numéricos, padrões geométricos e numéricos, regularidades ou relações matemáticas, utilizando a linguagem escrita, diagramas, tabelas e símbolos matemáticos, na resolução de problemas e em situações cotidianas. | Igualdade.                                                                                                          | Escreve diferentes sentenças de adições ou subtrações de dois números naturais que resultem na mesma soma ou diferença, explorando regularidades (exemplo: $10 + 20 = 9 + 21 = 8 + 22$ ) e reconhece que, ao somar ou subtrair um número a uma das parcelas de uma adição, e acrescentá-lo ou diminuí-lo também no resultado, a igualdade se mantém (exemplo: $580 + 205 = 785$ e $580 + 15 + 205 = 785 + 15$ ). Reconhece que, ao multiplicar ou dividir um dos fatores de um produto por um número, o resultado também ficará multiplicado ou dividido por este mesmo número, mantendo-se a igualdade (exemplo: se $3 \times 5 = 15$ , então, $3 \times (5 \times 2) = 15 \times 2$ e se $8 \times 6 = 48$ , então, $8 \times (6 : 2) = 48 : 2$ ). | Reconhecimento da calçada como um dos elementos que facilita a caminhabilidade das pessoas por longos trechos urbanos. Reconhecimento da quantidade de metros quadrados de concreto são necessários em frente de casa do aluno. Ex: A casa que mede 12 metros de frente e a calçada a ser construída terá que ter 2 metros de largura, quantos m <sup>2</sup> de calçada serão construídos? 24 m <sup>2</sup> de calçada. |
| Compreender os sistemas de medidas, comparando e estabelecendo relações entre as grandezas na resolução de problemas, em diferentes contextos.                                                                                                                                     | <b>Grandezas e medidas</b><br><br>Medidas de tempo. Medidas de valor: sistema monetário brasileiro.<br>Temperatura. | Compreende e utiliza equivalências entre medidas de tempo. Lê, identifica e registra horas em relógios analógicos e digitais, calculando intervalos de tempo na resolução e elaboração de problemas. Compreende e utiliza termos empregados na resolução e elaboração de problemas que envolvem o sistema monetário (compra, venda, formas de pagamento, troco, lucro, prejuízo, etc.). Lê temperaturas em termômetros, associando as medições a expressões cotidianas (mais quente, mais frio, calor, frio, febre, etc.).                                                                                                                                                                                                                           | Reconhecimento do transporte coletivo de qualidade como essencial para o bem viver da população. Resolução dos problemas. Se a pessoa trabalha 40 horas semanais e ao final do mês recebe um salário mínimo e se 15% do que recebe são gastos com passagem do transporte, quanto lhe sobra para gastar no restante do mês.                                                                                                |

| OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Grandezas e medidas                                                                                                                                                                                                       | Crítérios de ensino-aprendizagem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificar características das figuras geométricas por meio de descrições orais, construções e representações, percebendo semelhanças e diferenças entre os objetos do espaço e do plano.                                                                                                                                                                                                              | Figuras geométricas espaciais: poliedros e não poliedros:– poliedros: prismas, pirâmides e poliedros platônicos;– elementos: face, aresta e vértice;– não poliedros: cone, esfera e cilindro. Figuras geométricas planas. | Reconhece, nomeia e compara figuras geométricas espaciais: poliedros (prismas, pirâmides e outros) e não poliedros (cone, cilindro e esfera), apresentadas em diferentes posições, em um conjunto de várias figuras e na observação do espaço, associando com suas planificações e identificando seus elementos (faces, vértices e arestas). Compara, nomeia e classifica figuras planas, apresentadas em diferentes posições, em um conjunto de várias figuras, nas faces dos sólidos geométricos e objetos do mundo físico e com o uso de tecnologias digitais. Reconhece figuras congruentes usando sobreposição, desenhos em malhas (quadriculadas ou triangulares) ou tecnologias digitais na observação e exploração de criações artísticas e construções. | <b>Identifica a arquitetura urbana, especialmente o desenho dos espaços públicos, como vias, rotatórias, cruzamentos e paisagismo.</b>                                                                                                                                                                                                                                         |
| Investigar situações de seu interesse, elaborando instrumentos de coleta de dados, organizando, apresentando e interpretando os dados coletados. Ler, construir e interpretar listagens, quadros, tabelas e gráficos, para comunicar e representar informações quantitativas e qualitativas, utilizando o raciocínio estatístico, combinatório e probabilístico para compreensão da realidade estudada. | <b>Estatística e probabilidade</b><br><br>Média aritmética.                                                                                                                                                               | Compreende e resolve problemas que envolvem média aritmética de um conjunto de dados numéricos em contextos familiares.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Reconhece os índices de ocorrências de trânsito, mortes e seqüelados, como instrumentos de estudos a serem analisados. Reconhece a redução de velocidade de veículos como fator de probabilidade de diminuição de mortes e feridos. Reconhece os efeitos e impactos no Sistema Único de Saúde – SUS, das ocorrências em trânsito, com feridos e seqüelados permanentes.</b> |

## 5. Conclusões e Perspectivas

É evidente que os temas trânsito e mobilidade segura ainda suscitarão muitas discussões e debates em todos os seguimentos da sociedade, pois, de uma maneira ou de outra, todos estão inseridos nestes contextos. Há, entretanto, a expectativa que a escola se aproprie dos temas e reposicione os conteúdos programáticos para

acolher os saberes trazidos pelos alunos, visto que já abrigam conhecimentos sobre esses assuntos.

Não se objetiva, com este estudo, elucidar as questões sobre metodologias ou o ensino-aprendizagem da educação para o trânsito, nem tão pouco as concluir de maneira tão definitiva, mas estabelecer novas discussões, perspectivas e considerações para outros aprofundamentos e interesses.

Nos moldes do Ministério da Educação - MEC, os conteúdos básicos devem dar conta do desenvolvimento de habilidades no âmbito do grupo de disciplinas determinadas. Ressalta-se, entretanto, que a educação para o trânsito deva provocar um maior aprofundamento nos assuntos como modais de transporte, planejamento urbano, números de acidentes, mortes e feridos. Tais conhecimentos, relativos a trânsito e mobilidade segura, podem entrelaçar todas as disciplinas, possibilitando, desta forma, ocorrer a transversalidade e iniciar uma construção coletiva do conhecimento científico.

Na perspectiva da transversalidade, o *trânsito* é um tema estruturante, dialoga com os conteúdos programáticos e com os saberes trazidos pelos alunos. Perfaz-se assim, a busca pelo ensino-aprendizagem, sem dispersar as diretrizes das disciplinas, mas não de maneira estanque e sim com resultados enriquecidos pela Ciência.

Notadamente, as discussões sobre a metodologia aplicável ao tema trânsito, exposta ao longo deste artigo, intitulado Desafio Intermodal, esteve amparada pelos Três Momentos Pedagógicos e toda a dinâmica demonstrada por Delizoicov (2011), por meio da Problemática, da Organização e da Aplicação do Conhecimento.

A metodologia do DI, teve por fundamento os Três Momentos Pedagógicos, exatamente pelo alinhamento com a transversalidade e com o desafio da resolução dos problemas, como também possibilitar a construção coletiva do conhecimento a partir da educação libertária. Não se quer que o aluno memorize e se prenda em conceitos sobre velocidade e massa, por exemplo, mas que ele construa seus conceitos por enfrentar os problemas, como o expressivo número de pessoas que são atropeladas em centros urbanos.

O trânsito, como tema gerador e estruturante, tornou-se diretriz para elucidar e desmistificar as questões mais simples do cotidiano, por meio dos Momentos Pedagógicos, pois ao se **problematizar** o meio urbano, os deslocamentos e os modais, se **organizou** o pensamento e desta organização de ideias, surgiram as resoluções de questões, **aplicando-se** o conhecimento científico compreendido.

Todavia, os resultados do DI, realizado em escolas municipais de Curitiba entre 2014 e 2016, foram além dos números, possibilitaram entrelaçar os saberes dos participantes ao conhecimento científico e destes, a compreensão dos fatos que envolvem a segurança viária, os equipamentos públicos, os diversos modais e tantos outros.

Certamente, a transversalidade e a cooperação entre os docentes, foram decisivas no desenvolvimento da atividade, visto que o conagraamento e anuência de todas as áreas trouxe êxito à metodologia aplicada.

Adinâmica muito interessante. O professor desempenha o papel primordial de conhecedor da Ciência, mas, especialmente, como o mediador desse entrelaçamento de saberes. A compreensão deste papel, ultrapassa a linha do compromisso com a grade curricular ou com a aferição de notas, visto que os conteúdos programáticos estão contidos no Plano Curricular, basta fazer a interseção daqueles com os saberes do aluno e com a Ciência.

Este artigo aponta a possibilidade de trazer o trânsito para dentro do Plano Curricular de Curitiba do 5º. Ano, na disciplina de Matemática, apontando novos critérios de aprendizagem, a partir da transposição do tema aos assuntos cotidianamente estudados. Cumpre dizer, entretanto, que a transposição foi estruturada em todas as disciplinas da educação básica.

A elaboração do *Quadro - Novos critérios de aprendizagem* - demonstrou diversas vertentes para o estudo da matemática em conjunto com o tema trânsito. Notadamente, a relação dos conjuntos numéricos com a discussão sobre a importância de boas calçadas para incentivar as caminhadas e quanto pode custar a implantação da calçada em frente à casa do aluno.

Ao se inserir figuras geométricas, o critério de aprendizagem proposto para estudar a mobilidade, sugeriu a observação do formato das rotatórias e cruzamentos, bem como o desenho de praças e parques, focalizando a arquitetura urbana e o bem viver.

Entrelaçar modais de transporte, tempo de deslocamento do transporte coletivo, percurso e custos da passagem com o salário do trabalhador, foi outra questão inserida no quadro para se compreender o sistema de medidas. Insta dizer que o transporte coletivo foi um dos modais escolhidos pelos participantes do DI demonstrado.

Este breve ensaio sobre a introdução de uma nova metodologia para se estudar o ir e vir das pessoas, tem por prioridade trazer à luz das discussões, outras formas de se aferir quais as questões são de interesse dos alunos, quais das formas de ensinar efetiva o aprendizado e qual é o real aprendizado.

O mais instigante é perceber que formar pessoas requer conhecimento do mundo que as cerca e muitas tarefas elas já desempenham, precisando somente ajustar e alinhar ao conhecimento científicos.

## REFERÊNCIAS

BELOTTO, J. C. A. *et al.* (Orgs.) **A cidade em equilíbrio**: contribuições teóricas ao 3º Fórum Mundial da Bicicleta. Curitiba: PROEC/UFPR, 2014. Disponível em: <<http://www.ciclovida.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/10/Cidade-em-Equil%C3%ADbrio.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

BRASIL. [Código de Trânsito Brasileiro (1997)]. **Código de Trânsito Brasileiro**: instituído pela Lei 9.503, de 23 de setembro de 1997. 1. ed. Brasília: DENATRAN, 2016.

\_\_\_\_\_. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução nº 514, de 18 de dezembro de 2014**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/Resolucao5142014.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Departamento Nacional de Trânsito. **Código de Trânsito Brasileiro para crianças**. Brasília: Ministério das Cidades/Denatran, 2014.

\_\_\_\_\_. Departamento Nacional de Trânsito. Resolução nº 638, de 30 de novembro de 2016. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/images/Resolucoes/Resolucao6382016.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. Departamento Nacional de Trânsito. **[Frota]**. 2018. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/busca?searchword=frota&searchphrase=all>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. Departamento Nacional de Trânsito. **Frota de veículos – 2016**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/261-frota-2016>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm)>. Acesso em: 12 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução CNE/CP Nº 2, de 22 de dezembro de 2017**. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/RESOLUCAOCNE\\_CP222DEDEZEMBRODE2017.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/RESOLUCAOCNE_CP222DEDEZEMBRODE2017.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**: introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2018. CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

DAGNINO, R. Os estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e a abordagem da análise de política: teoria e prática. **Ciência e Ensino**, São Paulo, v. 1, n. esp., nov. 2007.

DELIZOICOV, D. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011. (Coleção Docência em Formação).

DEWEY, J. **Experiências e educação**. Tradução de Anísio Teixeira. 2. ed. São Paulo: Nacional, 1976.

FABRI, F. **Professores em ação**: ensino de ciências para os anos iniciais em enfoque ciência, tecnologia e sociedade. São Carlos: Pedro & João Editores, 2018. 229 p.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FLICK, U. **Introdução a metodologia de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2009.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 64. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2017.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. 1. ed. São Paulo: 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do Ipea**: relatório de pesquisa. Brasília: [s.n.], 2015. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP\\_Estimativa\\_2015.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP_Estimativa_2015.pdf)>. Acesso em: 06 mar. 2018.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização da escola pública a pedagogia critico-social dos conteúdos**. São Paulo: Loyola, 1992.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia e pedagogos para quê**. 12. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LUDKE, M.; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986.

MONTOVANI, R. **Vida em trânsito**: ensino fundamental II: livro do professor: 6º. ao

9º. ano. 2. ed. São Caetano do Sul, SO: Yendis, 2012. (Coleção vida em trânsito).

MOREIRA, M.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 4. ed. São Paulo: Centauro, 2011.

RIOS, I. **Guia didático de educação para o trânsito**. Florianópolis: Ilha Mágica, 2012.

VASCONCELOS, E. A. de. **O que é trânsito**. São Paulo: Brasiliense, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on road safety 2015**. Geneva: WHO, 2015.



## **Capítulo 2**

# **PRIORIDADE DO TRANSPORTE COLETIVO NAS MAIORES CAPITAIS BRASILEIRAS**

**Luiz Marcelo Teixeira Alves**

**Rafael Gândara Calabria**

## **PRIORIDADE DO TRANSPORTE COLETIVO NAS MAIORES CAPITAIS BRASILEIRAS**

**Luiz Marcelo Teixeira Alves**

Pesquisador de Mobilidade e Políticas Públicas; Engenheiro Civil pela Universidade de São Paulo (USP); Mestre em Transportes pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Doutorando em Transportes e Informações Espaciais pela Universidade de São Paulo (USP); [luizmarcelo.ta@gmail.com](mailto:luizmarcelo.ta@gmail.com); <http://orcid.org/0000-0003-0656-1821>; <http://lattes.cnpq.br/4708799797385737>

**Rafael Gândara Calabria**

Pesquisador em Mobilidade Urbana; Geógrafo pela Universidade de São Paulo (USP); [rafael.calabria@idec.org.br](mailto:rafael.calabria@idec.org.br); <http://lattes.cnpq.br/5925326236457377>

### **RESUMO**

O transporte coletivo deveria ser uma das prioridades dos gestores municipais, principalmente após a aprovação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), porém os municípios ainda investem muito pouco em infraestruturas dedicadas a estes modos de transporte. Este trabalho visa comparar a priorização dada aos ônibus nas 12 maiores capitais brasileiras, tanto em relação à corredores de ônibus e sistemas BRT, quanto em relação às infraestruturas leves como as faixas exclusivas de ônibus, que são de implantação mais barata e célere. Outra avaliação realizada foi a proibição de outros veículos não coletivos nestes equipamentos. Os resultados ajudam a entender, através de dados obtidos pela Lei de Acesso à Informação, o quanto realmente cada município atende às diretrizes da PNMU. Análises parametrizadas pela população, PIB e vias carroçáveis dão mais clareza às informações comparativas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transporte público; Ônibus; Infraestrutura; Prioridade.

## **ABSTRACT**

Public transport should be one of the priorities of municipal managers, especially after the approval of the National Urban Mobility Policy (PNMU), but municipalities still invest very little in infrastructures dedicated to these modes of transport. This work aims to compare the prioritization given to buses in the 12 largest Brazilian capitals, both in relation to bus corridors and BRT systems, and in relation to light infrastructures, such as exclusive bus lanes, which are cheaper and faster to deploy. Another evaluation carried out was the prohibition of other non-collective vehicles in this equipment. The results help to understand, through the data obtained by the Access to Information Law, how much each municipality really follows the PNMU guidelines. Parameterized analyzes by population, GDP and roads provide more clarity to comparative information.

**KEYWORDS:** Public transportation; Bus; Infrastructure; Priority.

## **1. INTRODUÇÃO**

Desde a aprovação da Política Nacional de Mobilidade Urbana, em 2012, o transporte coletivo ganhou prioridade no planejamento dos municípios, e as ações das prefeituras devem focar na melhoria e priorização dos ônibus no viário.

Porém, de maneira geral, os municípios ainda investem muito pouco e tendem a focar em investimentos para o tráfego geral, que proporcionalmente é direcionado para transporte motorizado individual. Gastos com asfalto, túneis e viadutos, com pouca ao transporte coletivo e ativo, tendem a consumir quase todo o investimento.

Por esse motivo, é importante pesquisar e apresentar estes dados à população, tornando mais evidente o problema e demonstrando que os investimentos ainda não estão focados nos modos que melhoram a qualidade de vida e da mobilidade nas cidades como um todo.

Segundo Vasconcellos (2016), observando municípios com mais de 60 mil habitantes, o gasto público total para o ano de 2012 foi estimado em R\$ 184 bilhões, sendo 79,2% relativos ao transporte individual e 20,8% ao transporte coletivo, ou seja, o autor indica que o poder público investe cerca de 4 vezes mais em infraestrutura que beneficiam os usuários de transporte individual motorizado.

O objetivo desta pesquisa é levantar e avaliar a situação da prioridade ao transporte coletivo - corredores e faixas de ônibus - nas 12 capitais mais populosas do Brasil até o final do ano de 2018. Os resultados são úteis para entender o que estas infraestruturas representam em relação a principais características econômicas, populacionais e de ambiente construído dos municípios em análise.

Os municípios pesquisados são: Belém-PA, Belo Horizonte-MG, Brasília-DF, Curitiba-PR, Fortaleza-CE, Goiânia-GO, Manaus-AM, Porto Alegre-RS, Recife-PE, Rio de Janeiro-RJ, Salvador-BA e São Paulo-SP.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Diagnóstico

O cenário identificado é de conhecida morosidade no avanço das infraestruturas de transporte no país, mesmo com a abertura de várias linhas de crédito geradas no âmbito dos mega eventos internacionais promovidos no país como a Copa e as Olimpíadas, e uma grande falta de dados comparativos sobre infraestruturas de transporte, principalmente as faixas exclusivas de ônibus, incentivadas pela Política Nacional de Mobilidade Urbana.

Para analisar os investimentos públicos e a vontade política dos municípios quanto à priorização dos ônibus, foram utilizados dados oficiais de população e produto interno bruto fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O PIB disponível pelo IBGE é de 2015 e, apesar de não estar atualizado em relação aos demais dados, foi usado para uma análise comparativa entre os municípios. A população da última pesquisa do IBGE é de 2010, porém foram utilizados dados estimados de expansão para o ano de 2017. A Tabela 1 apresenta estes dados.

**Tabela 1 - Dados socioeconômicos**

| Cidade         | PIB (IBGE 2015)<br>[R\$] | População (IBGE 2017)<br>[hab.] |
|----------------|--------------------------|---------------------------------|
| Belém          | 29.280.972               | 1.452.275                       |
| Belo Horizonte | 87.364.598               | 2.523.794                       |

|                |             |            |
|----------------|-------------|------------|
| Brasília       | 215.613.025 | 3.039.444  |
| Curitiba       | 83.864.936  | 1.908.359  |
| Fortaleza      | 57.246.034  | 2.627.482  |
| Goiânia        | 46.632.596  | 1.466.105  |
| Manaus         | 67.066.846  | 2.130.264  |
| Porto Alegre   | 68.117.224  | 1.484.941  |
| Recife         | 48.032.463  | 1.633.697  |
| Rio de Janeiro | 320.774.459 | 6.520.266  |
| Salvador       | 57.872.793  | 2.953.986  |
| São Paulo      | 650.544.789 | 12.106.920 |

Outro elemento pesquisado foi a política de funcionamento e permissões de uso que as cidades dão às faixas exclusivas e corredores. Embora o princípio da infraestrutura seja objetivamente a prioridade, recentemente algumas cidades têm violado este princípio e liberado o uso das infraestruturas para outros fins, como o uso de táxis, que embora sejam um transporte de interesse público, tem capacidade individual, não cumprindo as características necessárias para esta infraestrutura.

Entende-se que os corredores e faixas devem ser exclusivos ao transporte coletivo com exceções apenas para casos emergenciais ou horários específicos. A liberação deliberada de táxis nas faixas, e principalmente nos corredores de ônibus, fere as diretrizes da Lei da Mobilidade Urbana. Somente com respeito à priorização do transporte coletivo será possível melhorar a mobilidade nas cidades e estimular a migração de novos usuários aos modos coletivos.

## 2.2. Proposições

Para a realização dessa pesquisa inicialmente é necessário definir as características das infraestruturas de priorização ao transporte coletivo. Segundo Ministério das Cidades (2007) as estruturas comuns para priorização dos ônibus são faixas exclusivas e corredores. Nas faixas exclusivas, à direita da via, deve estar proibida a circulação de automóveis individuais e, em geral, táxis sem passageiros, a

menos que estejam fazendo o cruzamento à direita para ingresso em outra via. Um exemplo dessa infraestrutura é apresentado na Figura 1.

Os corredores de ônibus têm infraestrutura mais segregada e podem ter diversos níveis de configuração, podendo chegar à capacidade de passageiros transportados próxima a de sistemas de trilhos. O caso ideal é designado BRT com características como: faixa para ultrapassagem, embarque por plataforma em nível e cobrança da tarifa fora do ônibus.

Porém é comum ver sistemas compostos por parte destes requisitos que, mesmo com redução da capacidade em relação à configuração ideal, mantêm desempenho superior às faixas de ônibus. A Figura 2 apresenta um exemplo ainda com cobrança dentro do ônibus.



**Figura 1 - Faixa Av. Paulista**



**Figura 2 - Corredor Av. Nove de Julho**

Para garantir qualidade e melhor desempenho do sistema de ônibus nas cidades, os corredores são soluções mais eficientes, porém demandam um investimento muito maior ao poder público. Como forma de comparação, o custo de um corredor de ônibus aos moldes BRT como o Sistema MOVE de Belo Horizonte é de cerca de R\$43 milhões por quilômetro enquanto as faixas exclusivas, como a apresentada na Figura 1 custam cerca de R\$50 mil por quilômetro segundo dados oficiais da Prefeitura de São Paulo.

A escolha entre uma infraestrutura completa - para garantir maior capacidade e velocidade das viagens - e uma infraestrutura simples e econômica - que pode atender mais áreas - depende de uma análise de necessidade e capacidade dos municípios.

Ainda, as duas opções têm uma diferença de hierarquia, os corredores devem estar nas vias mais importantes e estruturais das cidades e as faixas exclusivas completam o sistema em vias secundárias.

De maneira geral, as melhorias devem ser feitas para garantir a qualidade e velocidade das viagens de quem anda de ônibus todos os dias e para atrair novos usuários oriundos do transporte motorizado individual.

### **3. METODOLOGIA**

Para obtenção dos dados de quilometragem e políticas de acesso a corredores e faixas de ônibus, e quilômetros de vias carroçáveis dos municípios, foram utilizados sistemas eletrônicos de Serviço de Informações ao Cidadão garantidos pela Lei de Acesso à Informação.

Os pedidos foram feitos entre os dias 6 e 14 de março de 2018. As respostas não foram imediatas e no final do prazo apenas os municípios de Brasília, Belo Horizonte, Curitiba, Recife e São Paulo tinham informado quantidade relevante de dados.

As perguntas realizadas estão descritas no quadro a seguir.

**Quadro 1 - Perguntas realizadas através da lei de acesso à informação**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Gostaria solicitar a contagem de quilômetros que o município possui hoje de corredores de Ônibus, via exclusiva para ônibus, preferencialmente na esquerda. Se possível, gostaria da listagem dos corredores, e se houver um arquivo do mapa em formato vetorial.             |
| 2. Gostaria solicitar a contagem de quilômetros que o município possui hoje de faixas exclusivas de ônibus à direita, com operação mais simplificada que a dos corredores. Se possível, gostaria da listagem dos corredores, e se houver um arquivo do mapa em formato vetorial. |
| 3. Gostaria solicitar a contagem de quilômetros que o município possui hoje de vias carroçáveis oficiais. Se possível, e se houver um arquivo do mapa em formato vetorial.                                                                                                       |
| 4. Gostaria solicitar a informação sobre a política de funcionamento dos corredores de ônibus no município. Eles funcionam o dia todo, ou com horários de funcionamento na hora de pico? Existe política de liberação de táxis ou outros veículos nos corredores?                |
| 5. Gostaria solicitar a informação sobre a política de funcionamento das faixas exclusivas de ônibus no município. Elas funcionam o dia todo, ou com horários de funcionamento na hora de pico? Existe política de liberação de táxis ou outros veículos nas faixas exclusivas?  |

Houve ainda necessidade de padronização dos dados pois houve diferenças de metodologias entre os municípios. Foi necessária uma análise caso-a-caso para entender quando se tratava de valores por eixo ou por cada sentido. Houve necessidade de entrar em contato com algumas prefeituras para validação dos dados padronizados.

Vale lembrar também que em casos como a Grande Recife e a Grande São Paulo, em que recebemos dados de corredores que ultrapassam os limites da cidade, foram considerados apenas os trechos dentro dos limites da capital, seguindo o objetivo desta pesquisa.

#### 4. ANÁLISE DE DADOS

Os dados absolutos recebidos pelos municípios sobre as infraestruturas de transportes coletivo sobre pneus das cidades estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Infraestruturas de priorização e vias carroçáveis**

| Cidade         | Corredores de Ônibus [km] | Faixas de Ônibus [km] | Vias Carroçáveis [km] |
|----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Belém          | 18,2                      | 5,8                   | 3.134,0               |
| Belo Horizonte | 41,7                      | 75,5                  | 4.799,3               |
| Brasília       | 68,8                      | 26,1                  | 13.780,5              |
| Curitiba       | 171,2                     | 5,7                   | 4.514,9               |
| Fortaleza      | 6,6                       | 91,4                  | 4.400,0               |
| Goiânia        | 44,0                      | 24,2                  | 6.150,9               |
| Manaus         | 0                         | 16,3                  | 5.000,0               |
| Porto Alegre   | 108,2                     | 20,1                  | 2.788,9               |
| Recife         | 4,0                       | 63,1                  | 2.585,3               |
| Rio de Janeiro | 244,0                     | 55,5                  | 9.933,9               |
| Salvador       | 9,5                       | 1,2                   | 3.781,0               |
| São Paulo      | 285,9                     | 500,4                 | 20.183,9              |

Sobre a política de permissões das faixas e corredores de ônibus em cada cidade nota-se características muito distintas entre os municípios. A Tabela 3

apresenta resumidamente os resultados obtidos do ponto de vista da proibição dos táxis.

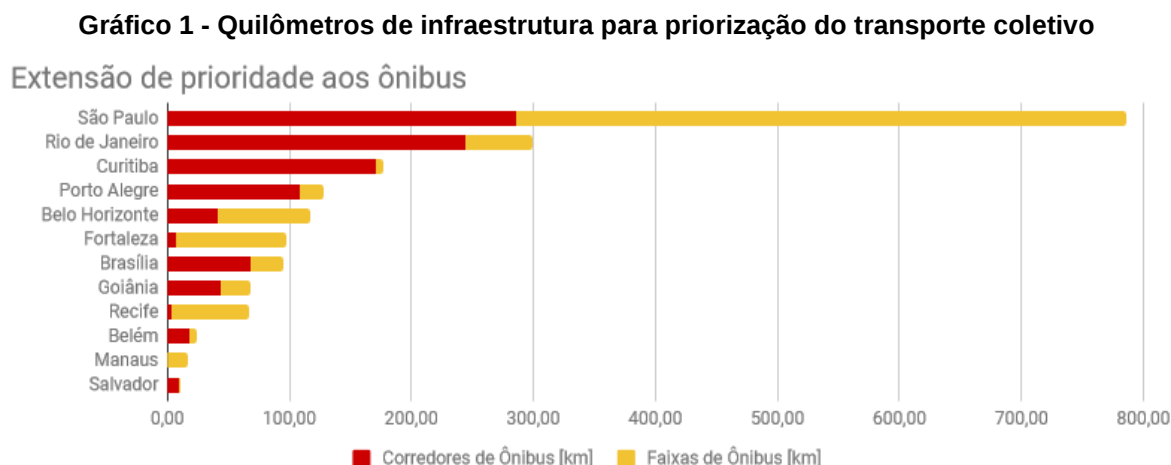
**Tabela 3 - Política de permissão de táxis**

| Cidade         | Táxis nos corredores de ônibus | Táxis nas faixas exclusivas de ônibus |
|----------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Belém          | Não                            | Não                                   |
| Belo Horizonte | Sim                            | Sim                                   |
| Brasília       | Não                            | Sim                                   |
| Curitiba       | Não                            | Não                                   |
| Fortaleza      | Sim                            | Sim                                   |
| Goiânia        | Não                            | Sim                                   |
| Manaus         | Sim                            | Sim                                   |
| Porto Alegre   | Não                            | Não                                   |
| Recife         | Não                            | Sim                                   |
| Rio de Janeiro | Não <sup>1</sup>               | Sim                                   |
| Salvador       | Não                            | Não                                   |
| São Paulo      | Sim <sup>2</sup>               | Sim                                   |

<sup>1</sup> Corredores de ligação do aeroporto no Rio recentemente tiveram os táxis liberados

<sup>2</sup> No corredor do Expresso Tiradentes é proibido o tráfego de táxis

Os dados absolutos de infraestrutura de priorização ao transporte coletivo respondidos pelos municípios e apresentados na Tabela 2 foram estruturados no gráfico a seguir.



É possível observar que os municípios de São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre têm as maiores quantidades de corredores de ônibus, que garantem desempenho dos ônibus próximo aos trilhos em termos de passageiros transportados.

São Paulo, Fortaleza, Belo Horizonte e Recife destacam-se na avaliação pelo investimento em faixas de ônibus. Apesar de não atingir a capacidade dos corredores, entende-se que essa infraestrutura já garante melhorias expressivas ao transporte coletivo, provendo uma maior fluidez ao sistema, seguindo as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

A partir destes dados, passou-se a analisar o quão significativas são as infraestruturas de priorização dos ônibus em relação às características dos municípios listados. A Tabela 4 apresenta os dados calculados para as análises a serem apresentadas neste capítulo.

**Tabela 4 - Dados gerados para análise**

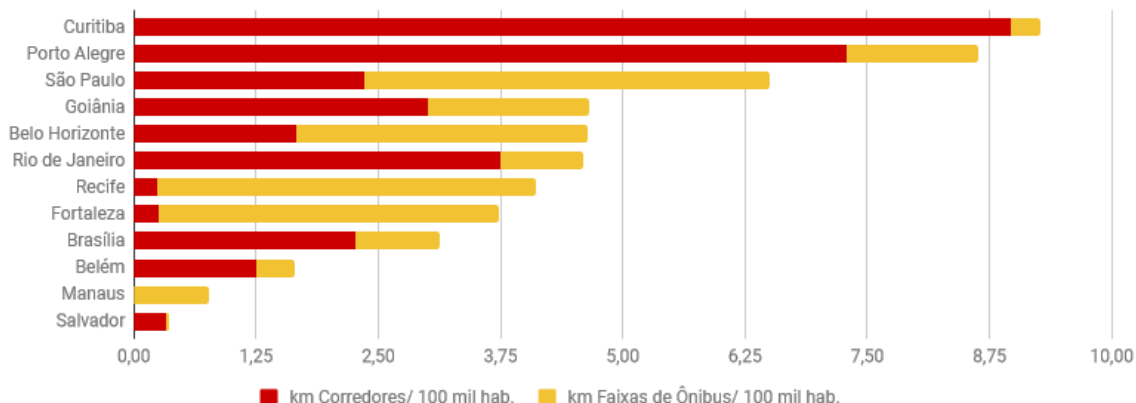
| Cidade         | km Corredores / 100 mil hab. | km Faixas / 100 mil hab. | Corredores / Vias Carroçáveis [km / km] | Faixas / Vias Carroçáveis [km / km] | km Corredores / PIB 2015 (R\$ 1 milhão) |
|----------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| Belém          | 1,25                         | 0,40                     | 0,58%                                   | 0,18%                               | 0,62                                    |
| Belo Horizonte | 1,65                         | 2,99                     | 0,87%                                   | 1,57%                               | 0,48                                    |
| Brasília       | 2,26                         | 0,86                     | 0,50%                                   | 0,19%                               | 0,32                                    |
| Curitiba       | 8,97                         | 0,30                     | 3,79%                                   | 0,13%                               | 2,04                                    |
| Fortaleza      | 0,25                         | 3,48                     | 0,15%                                   | 2,08%                               | 0,12                                    |
| Goiânia        | 3,00                         | 1,65                     | 0,72%                                   | 0,39%                               | 0,94                                    |
| Manaus         | 0,00                         | 0,77                     | 0,00%                                   | 0,33%                               | 0,00                                    |
| Porto Alegre   | 7,28                         | 1,35                     | 3,88%                                   | 0,72%                               | 1,59                                    |
| Recife         | 0,24                         | 3,86                     | 0,15%                                   | 2,44%                               | 0,08                                    |
| Rio de Janeiro | 3,74                         | 0,85                     | 2,46%                                   | 0,56%                               | 0,76                                    |
| Salvador       | 0,32                         | 0,04                     | 0,25%                                   | 0,03%                               | 0,16                                    |
| São Paulo      | 2,36                         | 4,13                     | 1,42%                                   | 2,48%                               | 0,44                                    |

A primeira análise realizada foi a comparação das infraestruturas em relação à população estimada pelo IBGE para o ano de 2017, de modo a parametrizar a quantidade de corredores e faixas de acordo com a dimensão populacional de cada cidade.

Nesse sentido, Curitiba e Porto Alegre se destacam por contar com mais de 8,5 quilômetros de infraestrutura para cada 100.000 habitantes, um valor 30% maior que a segunda mais bem colocada, São Paulo, com 6,3.

**Gráfico 2 - Quilômetros de priorização do transporte coletivo por habitante**

Extensão de prioridade aos ônibus pela população



Dentre as faixas de ônibus, São Paulo, Recife e Fortaleza apresentam valores expressivos se comparado com as demais cidades, com 4,13, 3,86 e 3,48 quilômetros de faixas por 100.000 habitantes, respectivamente.

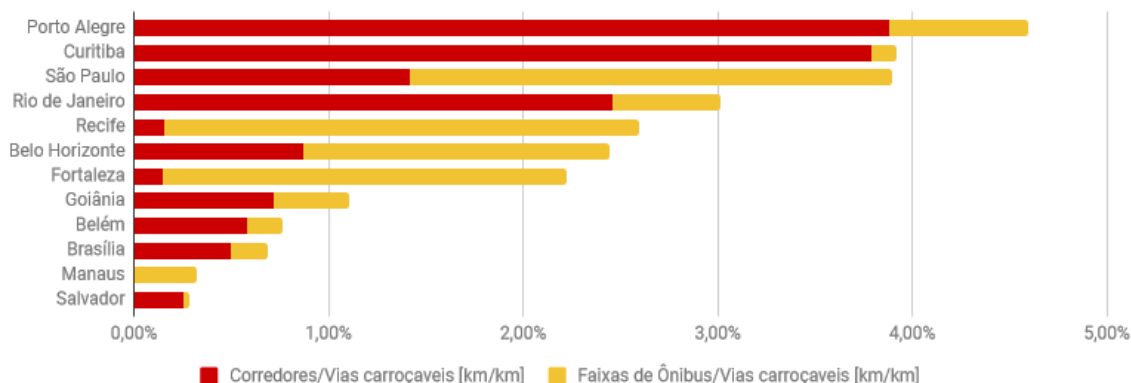
Esse gráfico ressalta a relativização dos valores de corredores e faixas exclusivas de ônibus que as duas maiores cidades do Brasil possuem - e que de fato são as maiores redes de infraestrutura - mas que atendem uma proporção menor de sua população em relação a cidades menores como Curitiba e Porto Alegre, que tem uma rede mais adequada ao seu tamanho.

As capitais baiana e amazonense são destaques negativos dessa análise. A proporção de priorização de transporte coletivo por habitante de Salvador representa apenas 4% da proporção existente na capital paranaense. Tanto no valor absoluto da quantidade de infraestrutura quanto no proporcional à população, Salvador demonstra não investir em políticas públicas voltadas ao modo ônibus. Manaus apresenta melhor valor de priorização, porém é a única capital pesquisada que não conta com corredores de ônibus.

Outra análise realizada foi da quantidade de infraestrutura de priorização do transporte coletivo em relação às vias carroçáveis de cada município. O Gráfico 3 apresenta esses resultados.

**Gráfico 3 - Proporção de priorização do transporte coletivo nas vias carroçáveis**

Extensão da prioridade aos ônibus pela extensão de vias carroçáveis

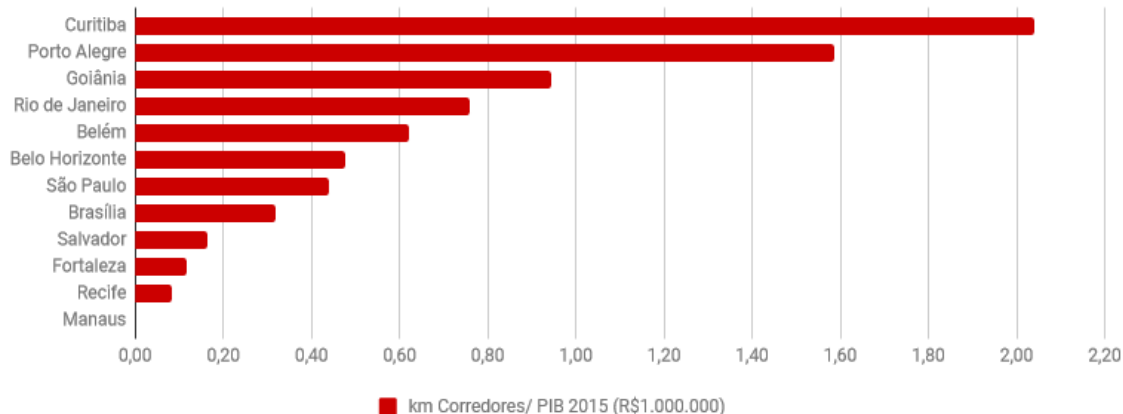


O município de Porto Alegre se destaca nesta análise, com corredores e faixas de ônibus presentes em aproximadamente 4,6% das vias da cidade. Curitiba também tem valores positivos. Chama a atenção que nenhuma das capitais brasileiras têm prioridade para o transporte coletivo em mais de 5% das suas vias.

Por fim, analisou-se a relação da rede de infraestrutura de alta capacidade em transporte coletivo sobre pneus em relação a capacidade financeira dos municípios, em termos de produto interno bruto, apresentada no Gráfico 4. Esta análise é de grande importância pois demonstrou que não necessariamente os municípios com melhor capacidade financeira são os que investem mais proporcionalmente na priorização do transporte coletivo.

**Gráfico 5 - Quilômetros de corredores de ônibus pelo PIB**

Extensão de corredores de ônibus pelo PIB



Para esta análise foi criado um indicador de quilômetros de infraestrutura por R\$1.000.000,00 de PIB apenas a título de comparação entre as cidades. O valor de um milhão de reais não tem relação direta com a infraestrutura de transportes.

Este gráfico exalta que de fato as cidades de Curitiba e Porto Alegre priorizaram seu orçamento ao longo da história para a implantação de infraestrutura de transporte de qualidade com superioridade clara em relação às demais capitais estudadas. As cidades de São Paulo e Fortaleza, que apresentam quantidades relevantes de infraestrutura, têm índices baixos em relação às suas capacidades econômicas

O resultado da pesquisa sobre políticas de permissões de outros veículos nas infraestruturas de transporte coletivo é apresentado na Tabela 5. As respostas variaram muito entre as prefeituras, porém o ponto mais grave é a permissão do tráfego de táxis.

Nesse sentido, Belém, Curitiba, Porto Alegre e Salvador destacam-se de maneira exemplar ao negar o acesso aos táxis nas infraestruturas de transporte coletivo.

Goiânia, Recife e Brasília garantem prioridade total ao transporte coletivo ao menos nos corredores de ônibus, o que é importante para a mobilidade urbana, porém estão aquém da situação ideal. As faixas exclusivas poderiam ter uma política mais restritiva ao táxi, pelo menos em determinados horários, ou limitando a entrada ao embarque e desembarque.

**Tabela 5 - Política de permissão nas infraestruturas de transporte coletivo**

| Cidade                      | Táxis nos corredores de ônibus | Táxis nas faixas exclusivas de ônibus |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Belém                       | Não                            | Não                                   |
| Curitiba                    | Não                            | Não                                   |
| Porto Alegre                | Não                            | Não                                   |
| Salvador                    | Não                            | Não                                   |
| Brasília                    | Não                            | Sim                                   |
| Goiânia                     | Não                            | Sim                                   |
| Recife                      | Não                            | Sim                                   |
| Rio de Janeiro <sup>1</sup> | Não <sup>1</sup>               | Sim                                   |

|                        |                  |     |
|------------------------|------------------|-----|
| São Paulo <sup>2</sup> | Sim <sup>2</sup> | Sim |
| Belo Horizonte         | Sim              | Sim |
| Fortaleza              | Sim              | Sim |
| Manaus                 |                  | Sim |

<sup>1</sup> Corredores de ligação do aeroporto no Rio recentemente tiveram os táxis liberados

<sup>2</sup> No corredor do Expresso Tiradentes é proibido o tráfego de táxis

O Rio de Janeiro passou a liberar, em uma resolução de 2017, táxis em 6,5 quilômetros de sua malha de transporte coletivo, no acesso ao aeroporto. Trata-se de um caso específico, porém é um alerta para eventuais possíveis retrocessos no futuro.

Por fim, Belo Horizonte, Salvador, Fortaleza, Brasília e São Paulo violam a diretriz presente na Política Nacional de Mobilidade Urbana no que diz respeito à prioridade ao transporte coletivo ao liberar táxis tanto nos corredores como nas faixas de ônibus. Com isso, o poder público destas cidades prioriza os deslocamentos de uma pequena parcela da população, em geral a mais rica, em detrimento dos deslocamentos da maioria das pessoas, impactando a qualidade do transporte coletivo e desestimulando o uso dos ônibus. A capital paulista conta com uma pequena parcela de sua malha onde é proibido o tráfego de táxis, por características físicas do corredor.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados analisados nos permitem tirar algumas conclusões sobre as ações sobre a prioridade do transporte coletivo nas cidades mais populosas do Brasil.

No que diz respeito ao atendimento à população, as capitais paranaense e gaúcha têm grande destaque com a terceira e quarta maior rede em valores absolutos, respectivamente, mas principalmente por terem as maiores redes em relação à suas populações. São também as capitais que mais investiram de suas capacidades econômicas em corredores.

Os municípios de Belo Horizonte, Fortaleza, Goiânia, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo têm desempenhos intermediários. São Paulo, de fato, tem a maior rede do país, e ampliou bastante sua rede de faixas exclusivas, mas o valor ainda se mostra tímido perante sua capacidade de investimento. Já no Rio de Janeiro o investimento

foi maior em corredores BRTs, porém fica abaixo dos índices em relação à população na análise comparativa.

Curitiba tem valores altos de cobertura em relação à população e a quantidade de vias da cidade, mas claramente pode expandir sua rede de faixas exclusivas e Fortaleza, que adotou a opção de faixa exclusivas, começou recentemente a avançar nos corredores BRT.

Brasília apresenta, mais recentemente, uma ampliação de seus investimentos em corredores BRT, porém ainda está aquém das cidades citadas acima.

Recife tem o desempenho subvalorizado pelo investimento em corredores ter sido exclusivamente estadual e federal, portanto, parte de seus corredores estão em outros municípios. Mas, isso evidencia que falta um maior investimento da prefeitura na implantação de corredores e faixas exclusivas.

Goiânia destaca-se no índice de quilômetros de priorização ao transporte coletivo pela capacidade financeira. Apesar de possuir a quantidade absoluta relativamente baixa, pode-se perceber que o investimento em infraestruturas para os ônibus não é baixo se comparado com o PIB do município.

Salvador que demonstrou os resultados mais tímidos entre as capitais mesmo sendo a quarta maior em população. Em resposta às LAIs, o município apontou que está fazendo, assim como Goiânia, investimentos em dois novos corredores BRT.

Por fim, notou-se uma tendência de crescimento na implantação de infraestruturas, impulsionada pelos eventos internacionais ocorridos no Brasil durante o período e pelo momento favorável da economia do país até meados de 2014.

É importante que essa tendência se confirme na próxima década e que os maiores municípios do Brasil aumentem sua infraestrutura para o transporte coletivo. A única saída para o trânsito caótico presente em nossas cidades médias e grandes é com a otimização do uso do espaço público no fluxo das viagens diárias.

## **6. REFERÊNCIAS**

ALVES, L. M. T.; HUMBERTO, M.; SIQUEIRA, R. G. S. **Efetividade da PNMU: caracterização dos municípios e identificação de variáveis relevantes para elaboração do plano de mobilidade urbana.** Revista dos Transportes Públicos, ANTP, v. 148, São Paulo, 2018.

BRASIL. **Lei no 12.587, de 3 de janeiro de 2012.** Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Atos2011-2014/2012/Lei/L12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Atos2011-2014/2012/Lei/L12587.htm).

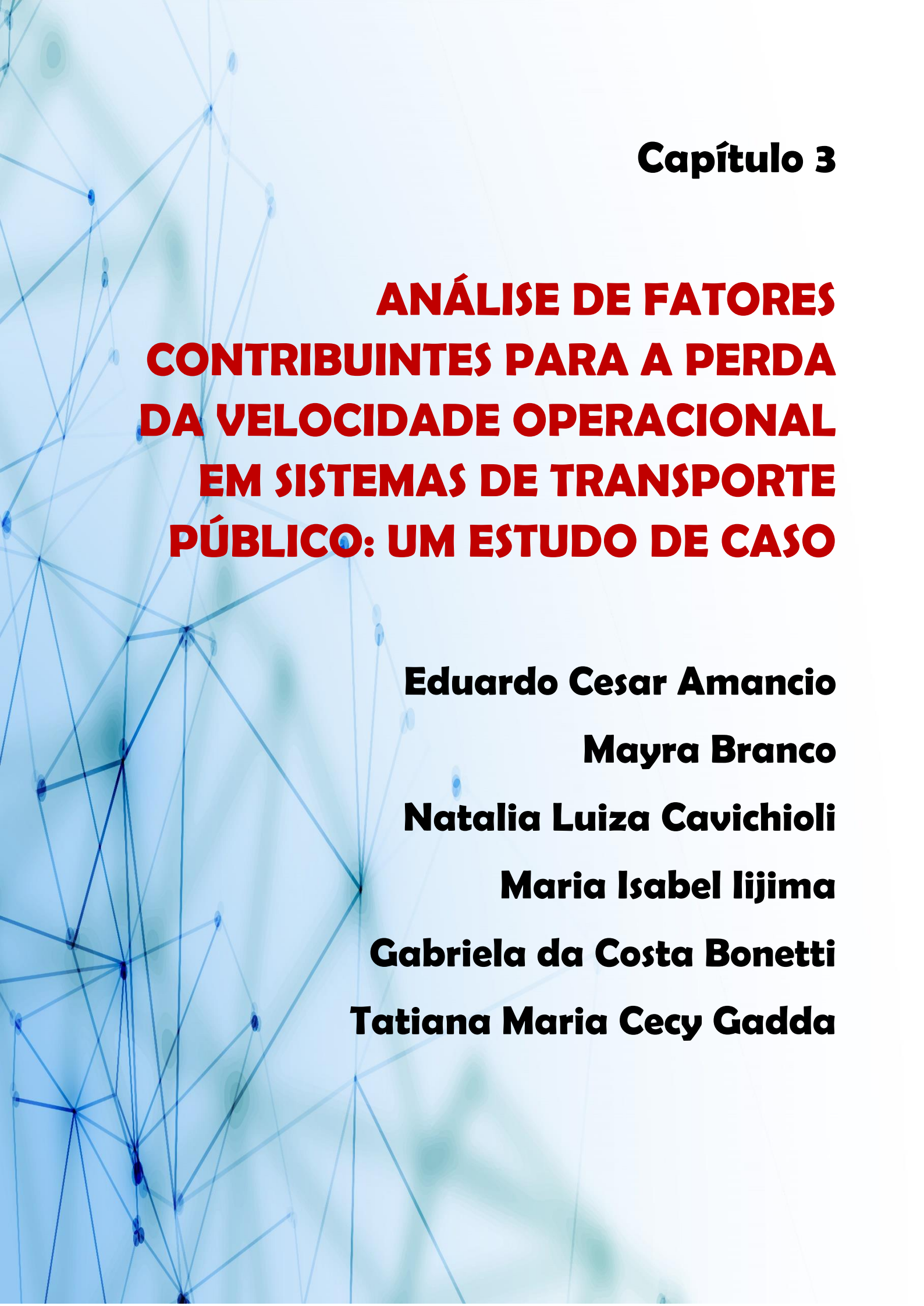
MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob: Caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana.** Brasília, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal do IBGE.** Disponível em:  
<https://www.ibge.gov.br/>.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Faixas Exclusivas.** Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito. São Paulo, 2016.

RESKALLA, A. **Conheça o projeto do BRT MOVE, corredor expresso de ônibus de Belo Horizonte, que deve entrar em operação integralmente neste mês.** Infraestrutura urbana, edição 39. Pini, 2014. Disponível em:  
<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/39/artigo312864-1.aspx>.

VASCONCELLOS, E. A. **Mobilidade Cotidiana, Segregação Urbana e Exclusão.** In: BALBIM, R; KRAUSE, C; LINKE, C. C (Org.). *Cidade e Movimento: Mobilidade e Interações no Desenvolvimento Urbano.* Brasília: Ipea e ITDP, 2016. p. 57-79.



## **Capítulo 3**

# **ANÁLISE DE FATORES CONTRIBUINTES PARA A PERDA DA VELOCIDADE OPERACIONAL EM SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO: UM ESTUDO DE CASO**

**Eduardo Cesar Amancio**

**Mayra Branco**

**Natalia Luiza Cavichioli**

**Maria Isabel Iijima**

**Gabriela da Costa Bonetti**

**Tatiana Maria Cecy Gadda**

## **ANÁLISE DE FATORES CONTRIBUINTES PARA A PERDA DA VELOCIDADE OPERACIONAL EM SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO: UM ESTUDO DE CASO**

**Eduardo Cesar Amancio<sup>1</sup>**

Eng. Civil, Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba

**Mayra Branco<sup>2</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Toledo

**Natalia Luiza Cavichioli<sup>3</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil, Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Ambiental (PPGETA) da Universidade Federal do Paraná - Campus Palotina, em parceria com a Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus Cascavel

**Maria Isabel Iijima<sup>4</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Toledo

**Gabriela da Costa Bonetti<sup>5</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil, Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba

**Tatiana Maria Cecy Gadda<sup>6</sup>**

Arquiteta, Mestre em Spatial Planning pelo Royal Institute of Technology (KTH) na Suécia e PhD em Ciências Ambientais e da Terra pela Universidade de Chiba, no Japão, Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Civil. E-mail: eduardoamancio@alunos.utfpr.edu.br

<sup>2</sup> Graduada em Engenharia Civil. E-mail: mayrabranco@live.com

<sup>3</sup> Mestranda em Engenharia e Tecnologia Ambiental. E-mail: natalia.cavichioli@gmail.com

<sup>4</sup> Graduada em Engenharia Civil. E-mail: maria.isabel.ijima@gmail.com

<sup>5</sup> Mestranda em Engenharia Civil. E-mail: gabrielacbonetti@hotmail.com

<sup>6</sup> PhD em Ciências Ambientais e da Terra. E-mail: tatianagadda@utfpr.edu.br

## RESUMO

O transporte foi incluído como um direito social fundamental pela Emenda Constitucional nº 90, entretanto, deve-se assegurar não somente o acesso ao serviço, como também a qualidade do mesmo. O planejamento, operação e gestão do sistema, deve resultar em um transporte eficiente, seguro e, concomitantemente, ágil, reduzindo o tempo gasto no deslocamento. Assim, os objetivos deste estudo foram a determinação da velocidade operacional do transporte público do Município de Toledo – Paraná e a análise estatística da influência de diferentes fatores na velocidade. Para tanto, utilizou-se os dados fornecidos pela empresa operadora do sistema, Sorriso de Toledo. As análises foram realizadas no software QGis (trajeto, pontos de parada, lombadas e semáforos) e em planilhas eletrônicas (horários de entrada e saída do ônibus no terminal). Além do cálculo da velocidade, realizou-se o teste estatístico de Pearson, com a finalidade de correlacionar a influência de cada indicador. A velocidade média do sistema foi de 22,33 km/h. Quanto aos indicadores, verificou-se maior correlação das velocidades com o número de lombadas e pontos de parada, com coeficientes de Pearson de -0,448 e -0,419, respectivamente. Com as análises, concluiu-se que os indicadores analisados exerceram influência fraca sobre as velocidades. Além disso, o sistema apresenta velocidade média satisfatória, conforme estabelecido pela literatura, entretanto, verificou-se itinerários que requerem melhorias para otimização da mesma.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mobilidade urbana, transporte público, qualidade.

## ABSTRACT

Transport was included as a fundamental social right by Constitutional Amendment nº 90, however, it must be ensured not only access to the service, but also its quality. The planning, operation and management of the system, should result in efficient, safe and concomitant, agile transport, reducing the time spent traveling. Thus, the objectives of this study were to determine the operational speed of public transport in the city of Toledo – Paraná and to analyze statistically different factors' influence on speed. For this purpose, the data provided by the company operating the system, Sorriso de Toledo, was used. The analyzes were carried out using the QGis software (route, bus stops, bumps and traffic lights) and electronic spreadsheets (bus arrival and departure from the terminal). In addition to calculating speed, Pearson's statistical test was performed, with the purpose of correlating the influence of each indicator. The average

speed of the system was 22.33 km/h. As for the indicators, there was a greater correlation with speeds, the number of bumps and bus stops, with Pearson's coefficient of -0.448 and -0.419, respectively. With the analyzes, it was concluded that the observed indicators influenced weakly on speeds. Moreover, the system has a satisfactory average speed, as established by the literature, however, there were itineraries that require improvements for its optimization.

**KEYWORDS:** Urban mobility, public transport, quality.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da aprovação da Emenda Constitucional nº 90 o direito ao transporte tornou-se um direito social fundamental, tais como saúde, educação, segurança, entre outros (CIDADE; LEÃO JR., 2016). Segundo Clark e Souza (2017), esses direitos não podem apenas ser oferecidos à população, mas devem ser regidos pelos princípios da eficiência e da finalidade. Neste contexto, o transporte público deve possuir padrões aceitáveis de qualidade.

Gouveia Jr., Araújo e Andrade (2018) também salientam a importância de fomentar o desempenho do sistema de transporte público por ônibus sob o ponto de vista dos usuários existentes e potenciais, tanto para satisfazer quem já utiliza o sistema, como para incentivar a migração do transporte individual motorizado.

O prejuízo causado pelo mal desempenho dos ônibus urbanos, principalmente na forma de redução da sua velocidade, se reflete nos custos de operação, na confiabilidade, na atratividade do sistema e nas tarifas cobradas dos usuários. Por isso, a velocidade operacional de um sistema de transporte público urbano por ônibus é uma medida direta de desempenho desse serviço (VASCONCELLOS, 2005; GOUVEIA JR.; ARAÚJO; ANDRADE, 2018).

Para que uma melhora no sistema ocorra, é importante conhecer os fatores que mais influenciam na perda de velocidade operacional do transporte público, para assim tornar-se possível e efetivas as medidas de incremento de velocidade. Logo, esse estudo busca investigar a velocidade operacional do sistema de transporte público de uma cidade de médio porte, estratificado por diferentes linhas, sentidos, fatores e analisar os elementos contribuintes para a perda dessas velocidades.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a NBR ISO 9000:2015, norma que dispõe sobre sistema de gestão de qualidade no Brasil, qualidade abrange a capacidade de satisfazer os clientes de um determinado produto ou serviço e os impactos desejados ou não aos envolvidos neste processo (ABNT, 2015).

De acordo com Rodrigues (2006), o transporte de pessoas é um serviço que, feito com qualidade, apresenta reduzidas dificuldades, oferece rapidez, conforto e segurança e minimiza os gastos de energia e o tempo dos usuários. Dessa forma, a qualidade do serviço está intrinsecamente relacionada ao desempenho do sistema de transporte público.

Indicadores podem ser utilizados para avaliar a qualidade de um serviço público. Segundo Ferraz e Torres (2004), há doze fatores influenciadores da qualidade do transporte público por ônibus, sendo estes a acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, características dos veículos, características dos locais de parada, sistema de informações, conectividade, comportamento dos operadores e estado das vias.

Gouveia Jr., Araújo e Andrade (2018) afirmam que um aumento na velocidade operacional de um sistema de transporte público por ônibus pode fazer com que um sistema opere com mais ciclos por hora, reduzindo o tempo de viagem e de espera do usuário e a densidade de passageiros nos veículos. Nesse panorama, a velocidade operacional pode ser definida como a velocidade média dos ônibus, a qual sofre influência da presença de semáforos e cruzamentos, por exemplo (GODARTH *et al.*, 2013; CORTÉS *et al.*, 2011).

Em casos em que a velocidade operacional está sendo comprometida por influências externas ao sistema, as condições do transporte por ônibus podem ser melhoradas por medidas simples de otimização do trânsito. São exemplo de medidas a eliminação ou suavização de valetas, a relocação dos pontos de parada junto de interseções semaforizadas para minimizar o efeito duplo de atraso (parada e

semáforo), a criação de conversões especiais ou exclusivas para os ônibus e a fiscalização do estacionamento irregular no trajeto do ônibus (ANTP, 1997).

Por ser definida como a velocidade média de veículos, a velocidade operacional pode ser calculada de duas formas: utilizando o conceito de velocidade média aritmética ou velocidade média harmônica ou espacial. Uma diferença sutil existe entre essas duas formas, que quando utilizadas sem critério ou sem o conhecimento devido podem levar a distorções em alguns resultados (PIOVESAN, 1992).

### 3. METODOLOGIA DA PESQUISA

O sistema de transporte público da cidade de Toledo conta com 15 linhas, que atendem mensalmente a 260 mil passageiros, e opera sete dias na semana das 05h45min às 23h50min – com horários diferenciados nos sábados, domingos e feriados (SORRISO DE TOLEDO, 2020). Todos os veículos são equipados com GPS, o que permite o monitoramento constante de sua localização, horários de entrada e saída do terminal e garagem. A Figura 1 apresenta os dois tipos de veículo presentes na frota do sistema em estudo.



Figura 1 – Modelos dos veículos da frota de transporte público da cidade de Toledo – PR. (a) Micro-ônibus. (b) Ônibus *padron*.

Fonte: Diário do Transporte (2020)

#### 3.1. Coleta de dados

Os dados utilizados na pesquisa foram fornecidos pela empresa operadora do sistema. Dentre esses, os trajetos das linhas, localização de pontos de parada, lombadas e semáforos se encontravam georreferenciados. Já os horários de entrada e saída do terminal e de chegada e saída do ponto final de cada veículo foi fornecido no formato de planilha eletrônica. Todos arquivos georreferenciados foram plotados

no *software* QGis, para análises subsequentes. A Figura 2 apresenta o perímetro urbano da cidade de Toledo, com os trajetos das linhas do transporte público, localização de pontos de parada, lombadas e semáforos.

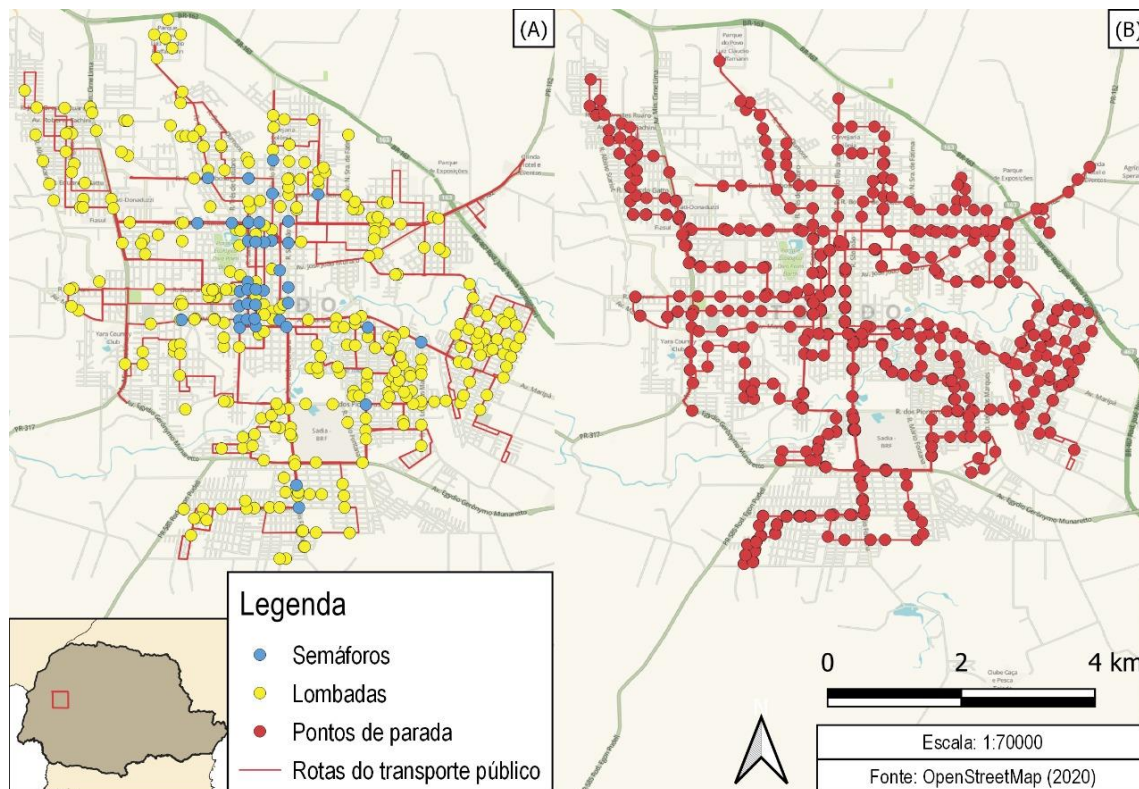


Figura 2 – Trajetos das linhas do transporte público da cidade de Toledo – PR. (a) Localização de semáforos e lombadas nos trajetos. (b) Localização dos pontos de parada nos trajetos.

### 3.2. Cálculo da velocidade operacional

Para o cálculo da velocidade operacional de cada linha considerou-se apenas as viagens que estavam totalmente compreendidas entre os intervalos de horários de 06h30min – 08h00min, 11h30min – 13h00min e 17h30min – 18h00min. Para eliminar situações diárias adversas de tráfego e volume de passageiros, considerou-se apenas as viagens ocorridas às terças, quartas e quintas-feiras. Já referente às variações anuais de tráfego e de passageiros, optou-se por utilizar apenas os dados dos meses de outubro e novembro de 2018, de modo a eliminar interferências ocasionadas pelo período de férias escolares e de temporadas festivas.

Calculou-se a velocidade operacional de cada linha dividida em dois segmentos: (I) terminal – bairro, e (II) bairro – terminal. Assim, o cálculo da velocidade operacional foi conduzido para cada linha/sentido. Aplicou-se a Equação (1) para o cálculo da velocidade operacional de cada linha/sentido.

$$\bar{V} = \frac{d}{\frac{\sum t_i}{n}} \quad (1)$$

Onde: V – velocidade média da linha/sentido; d – distância total da linha/sentido;  $t_i$  – tempo total de percurso da linha/sentido; n – número de tempos de percurso considerados.

A localização do ponto final de cada linha também foi fornecida pela empresa operadora do sistema. Esse dado foi plotado no *software* QGis, juntamente com os trajetos dos itinerários das linhas. Após a plotagem de ambos dados, utilizou-se o comando “medir”, e aferiu-se a distância percorrida em cada linha/sentido. Após o cálculo do tempo médio de percurso de cada viagem compreendida nos critérios definidos anteriormente e aferição das distâncias percorridas, calculou-se a velocidade média de cada linha/sentido.

### 3.3. Indicadores

Após o cálculo das velocidades operacionais de cada linha/sentido, levantou-se um conjunto de variáveis sobre os trajetos de cada um desses itinerários. Através da quantificação/aferição dessas variáveis estabeleceu-se um conjunto de fatores, os quais foram utilizados para testar as hipóteses de exercerem ou não influência na velocidade operacional de cada linha/sentido. O esquema da Figura 3 apresenta essas variáveis, assim como os fatores utilizados.

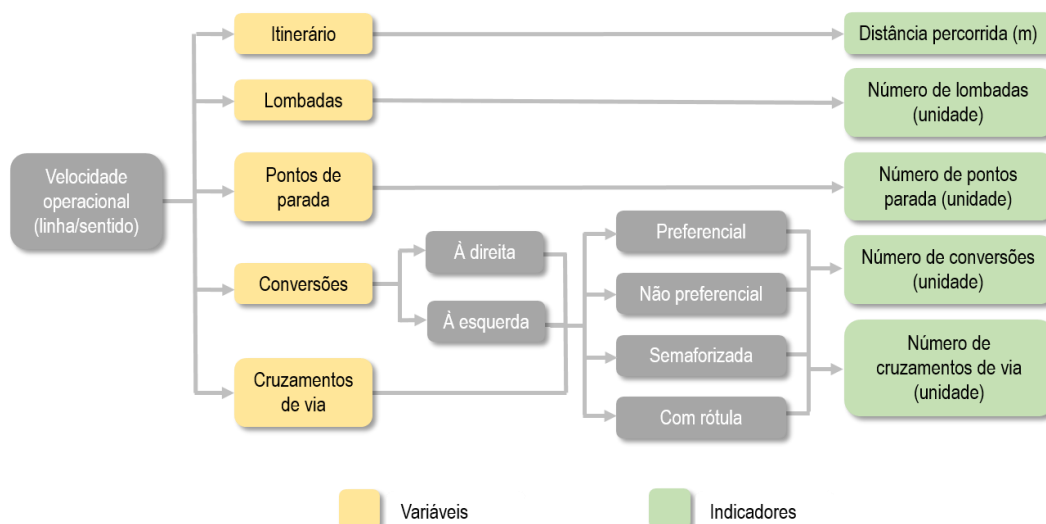


Figura 3 – Fluxograma com as variáveis consideradas e os indicadores aferidos.

O número de pontos de parada e de lombadas foi levantado com base no arquivo georreferenciado fornecido pela empresa operadora no *software* QGIS. O comprimento de cada rota e a quantificação de cada tipo de conversão e cruzamento de via foi realizado com o auxílio da ferramenta *StreetView* do *software* Google Earth. Após isso aplicou-se o teste estatístico de correlação de Pearson, afim de testar a hipótese se havia ou não influência de cada variável considerada.

## 4. ANÁLISE DE DADOS

### 4.1. Velocidade operacional

A Tabela 1 apresenta os valores de velocidade operacional para cada uma das 15 linhas nos dois sentidos (terminal-bairro e bairro-terminal) em horários de pico.

Tabela 1 – Velocidade operacional para cada linha/sentido em horários de pico

| Linha          | Velocidade operacional (km/h) |                 |
|----------------|-------------------------------|-----------------|
|                | Terminal-bairro               | Bairro-terminal |
| L <sub>1</sub> | 16,0                          | 19,3            |
| L <sub>2</sub> | 21,9                          | 23,1            |

|                 |      |      |
|-----------------|------|------|
| L <sub>3</sub>  | 27,0 | 30,0 |
| L <sub>4</sub>  | 22,7 | 20,3 |
| L <sub>5</sub>  | 22,1 | 21,4 |
| L <sub>6</sub>  | 18,2 | 21,1 |
| L <sub>7</sub>  | 21,9 | 22,6 |
| L <sub>8</sub>  | 16,7 | 23,5 |
| L <sub>9</sub>  | 28,5 | 28,2 |
| L <sub>10</sub> | 21,9 | 17,1 |
| L <sub>11</sub> | 33,5 | 26,0 |
| L <sub>12</sub> | 25,6 | 23,4 |
| L <sub>13</sub> | 22,8 | 21,5 |
| L <sub>14</sub> | 18,3 | 19,8 |
| L <sub>15</sub> | 20,6 | 14,9 |

O maior valor de velocidade foi encontrado para a linha L<sub>11</sub> sentido terminal-bairro (33,5 km/h) e, o menor valor, para a linha L<sub>15</sub> sentido bairro-terminal (14,9 km/h). A velocidade média do sistema foi de 22,33 km/h e, o desvio padrão, de 4,233 km/h.

#### **4.2. Correlação de indicadores**

O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 até 1, sendo que, quanto mais próximo de 0 for o valor resultante da análise, menor será a relação entre as variáveis testadas, e quanto mais próximo de -1 e 1, mais forte será essa relação. Os valores negativos do coeficiente de Pearson representam que a relação entre as variáveis consideradas (velocidade operacional e o devido indicador considerado) é inversamente proporcional. Já os valores positivos representam uma correlação diretamente proporcional. A Tabela 2 apresenta o coeficiente de correlação para cada um dos indicadores testados.

Tabela 2 – Coeficientes de correlação de Pearson para cada indicador testado

| <b>Indicador</b>  | <b>Coeficiente de correlação</b> |
|-------------------|----------------------------------|
| Distância da rota | -0,226                           |

|                                 |                   |        |
|---------------------------------|-------------------|--------|
| Número de pontos                |                   | -0,419 |
| Número de lombadas              |                   | -0,448 |
| Número de conversões à esquerda | Preferenciais     | 0,052  |
|                                 | Não preferenciais | -0,214 |
|                                 | Semaforizada      | -0,399 |
|                                 | Rótula            | -0,105 |
| Número de conversões à direita  | Preferenciais     | 0,077  |
|                                 | Não preferenciais | 0,32   |
|                                 | Semaforizada      | -0,209 |
|                                 | Rótula            | -0,23  |
| Número de travessia de via      | Preferenciais     | -0,191 |
|                                 | Não preferenciais | 0,047  |
|                                 | Semaforizada      | -0,186 |
|                                 | Rótula            | -0,008 |

Os indicadores que apresentaram a maior correlação com as velocidades operacionais foram o número de lombadas e o número de pontos, com um coeficiente de correlação de Pearson de -0,448 e -0,419, respectivamente. Já os menores coeficientes foram encontrados para os indicadores travessia de vias com rótula (-0,008) e não preferenciais (0,047). Segundo Mukaka (2012) os valores do coeficiente de Pearson podem ser agrupados em 5 categorias, que indicam o grau de correlação resultante entre as variáveis analisadas. A Tabela 3 apresenta um resumo dos resultados com relação às faixas de correlação propostas por Mukaka (2012).

Tabela 3 – Classificação de cada indicador testado em graus de correlação segundo Mukaka (2012)

| Coeficiente de Pearson | Grau de correlação | Indicadores |
|------------------------|--------------------|-------------|
|------------------------|--------------------|-------------|

|              |             |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 a 0,3      | Nenhum      | Distância; número de conversões à esquerda (preferenciais, não preferenciais e com rótula); número de conversões à direita (preferenciais, semaforizadas e com rótula); e número de travessias de vias (preferenciais, não preferenciais, semaforizadas e com rótula) |
| 0,3 a 0,5    | Fraco       | Número de pontos; número de lombadas; número de conversões à esquerda semaforizadas; e número de conversões à direita não preferenciais.                                                                                                                              |
| 0,5 a 0,7    | Moderado    | Nenhum indicador nessa faixa                                                                                                                                                                                                                                          |
| 0,7 a 0,9    | Forte       | Nenhum indicador nessa faixa                                                                                                                                                                                                                                          |
| acima de 0,9 | Muito forte | Nenhum indicador nessa faixa                                                                                                                                                                                                                                          |

Fonte: Adaptado de Mukaka (2012).

### 4.3. Discussões

Segundo Franco e Silva (2016), um sistema de transporte público urbano economicamente viável e atrativo para novos usuários deve apresentar velocidades médias superiores a 20 km/h. O valor médio de 22,33 km/h encontrado para o sistema estudado superou esse dado – sendo que 73,33% dos trechos analisados satisfizeram tal recomendação, enquanto 26,67% apresentaram velocidades inferiores.

Em cidades de grande porte, observa-se essa problemática com maior frequência. Na cidade de São Paulo, em 2016, o valor médio em horário de pico foi determinado como 17 km/h (SARAIVA; CASARI; ORTEGA, 2018). Em Goiânia, mesmo com a implementação de sistemas como o Bus Rapid Transit (BRT), o eixo Anhanguera também apresenta valores de 17 km/h (RMTC; ODEBRECHT, 2012). Pesquisas da Confederação Nacional do Transporte (CNT) apontam para uma velocidade de apenas 14,7 km/h nos principais corredores sem tratamento preferencial para o transporte público, em onze grandes cidades do Brasil (TORRES, 2010). Diante do exposto, observa-se, portanto, que a velocidade média determinada para o sistema de transporte público urbano de Toledo – PR é relativamente satisfatória. Entretanto, ainda é necessário um conjunto de ações a fim de elevar a velocidade dos trechos que não atingiram 20 km/h.

Os achados desse estudo mostraram que os fatores que mais exerceram influência na velocidade operacional do sistema estudado foram o número de lombadas e o número de pontos de parada. Em sistemas mais complexos que possuem faixas exclusivas/preferencias para ônibus, ou ainda em canaletas exclusivas de BRT, é comum a supressão de lombadas de modo a justamente aumentar a velocidade operacional dos coletivos. A cidade de Toledo possui uma faixa preferencial para o transporte coletivo instalada na Rua Almirante Barroso, com uma extensão de aproximadamente 1,2 km (TOLEDO, 2015). Porém, devido à morfologia radial das linhas e à sobreposição destas, a implantação de outras faixas preferenciais torna-se inviável. Logo, a escolha de um traçado que evite lombadas pode tornar-se efetiva para o aumento da velocidade operacional. Ou, ainda, a criação de um programa efetivo de educação de trânsito e o controle frequente das velocidades operacionais através de novas tecnologias de gestão de trânsito podem ser medidas eficazes.

Analogamente, em alguns sistemas de transporte público é comum a criação de linhas expressas/diretas. Nessas, o serviço prestado provém atendimento a demandas pontuais, e tende a possuir velocidade superior a linhas convencionais paradoras, devido ao reduzido número de paradas (RECK, 2019).

Pela análise estatística realizada e pela categorização dos indicadores exposta na Tabela 3, é possível observar que os fatores estudados pouco influenciaram nas velocidades calculadas para as linhas do sistema. Isso ocorre devido à significativa complexidade dos sistemas de transporte público urbano, que abrangem aspectos como o tempo de embarque e desembarque no veículo, aceleração e desaceleração, frota total, número de passageiros, entre outros (RECK, 2019). Dessa forma, entende-se que fatores externos à pesquisa estão exercendo tal influência.

#### **4.4. Limitações e pesquisas futuras**

O cálculo da velocidade operacional restringiu-se aos tempos de ciclo de cada linha nos horários de maior volume de tráfego. É possível que essa escolha metodológica tenha causado uma discrepância nas velocidades operacionais das

linhas, uma vez que lentidões no tráfego nesses horários tendem a afetar linhas que trafegam predominantemente em vias arteriais ou coletoras.

Com a velocidade operacional estratificada por linha/sentido calculada nessa pesquisa, faz-se proveitoso estudos que investiguem elementos para otimização das linhas/sentidos mais lentos do sistema, de modo a tornar o transporte público da cidade mais atraente e eficiente. Sugere-se também a investigação de fatores com potencial de influência na velocidade operacional dos coletivos não abordados nessa pesquisa, como o perfil topográfico do terreno.

Uma vez que o número de passageiros transportados por cada linha, ou ainda, o número de passageiros que embarcam/desembarcam dos ônibus nos pontos de parada podem interferir diretamente no tempo gasto de ciclo de cada itinerário, essa demanda de usuários é outro fator com potencial de interferência na velocidade operacional dos coletivos e que não foi abordada nessa pesquisa. Portanto, sugere-se um estudo complementar de variação espacial da demanda, realizada em cada ponto de parada (RECK, 2019).

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A qualidade e eficiência do sistema de transporte público são essenciais. A velocidade de operação está diretamente ligada a esses princípios e depende de fatores como conversões, semáforos e lombadas, pontos de embarque e desembarque, entre outros, os quais influenciam diretamente no tempo de percurso dos ônibus.

Apesar da velocidade operacional média do sistema de transporte público de Toledo – PR ter se apresentado acima da velocidade ideal considerada pela literatura, algumas linhas, em determinados sentidos, se mostraram com velocidades significativamente reduzidas.

A análise dos indicadores estatísticos, apesar de não plenamente satisfatória, foi útil para levantar as hipóteses de possíveis causas de fatores e suas consequências no transporte público de Toledo. Os indicadores mostraram influência fraca às velocidades determinadas. Alguns fatores tiveram mais relevância do que

outros, o que sugere que aspectos externos à pesquisa podem estar influenciando a velocidade de algumas linhas, o que causou a limitação e análise global do serviço.

Além disso, observa-se que ainda há espaço para melhorias no sistema, tais como as que abrangem a integração entre linhas e corredores, os modelos dos ônibus (número e tamanho das portas de embarque e desembarque), tipo de cobrança, realocação de pontos de parada, entre outras.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISSO 9000: Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário**. Rio de Janeiro, 59 p., 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **Transporte Humano – Cidades com Qualidade de Vida**. São Paulo. 1997.

CIDADE, R. B.; LEÃO JR., T. M. A. O direito ao transporte público como direito fundamental social. **Revista de Direito Urbanístico, Cidade e Alteridade**, v. 2, p. 196-216, 2016.

CLARK, S. F. P.; SOUZA, P. R. M. R. O transporte público de qualidade como um direito previsto no código de defesa do consumidor. *In*: VII Jornada Internacional Políticas Públicas, 2017, São Luis. **Anais do evento**.

CONSÓRCIO DA REDE METROPOLITANA DE TRANSPORTES COLETIVOS DA GRANDE GOIÂNIA (RMTG); ODEBRECHT TRANSPORT. **Projeto VLT Anhanguera**. Goiânia: [s.n.], 2012. 357 p.

CORTÉS, C. E.; J. GIBSON; A. GSCHWENDER; M. MUNIZAGA E M. ZÚÑIGA. Commercial bus speed diagnosis based on GPS-monitored data. **Transportation Research Part C**, v. 19, p. 695–707, 2011.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. **Uso de máscaras no transporte em Toledo (PR) será obrigatório**. 28 abr. 2020. Disponível em: <<https://diariodotransporte.com.br/2020/04/28/uso-de-mascaras-no-transporte-em-toledo-pr-sera-obrigatorio/>>. Acesso em: 17 out. 2020.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E.. **Transporte público urbano**. 2ª ed. São Carlos: RiMa, 2004. 410 p.

FRANCO, B. de A.; SILVA, N. J. B. da. **Método para a avaliação de soluções em transporte com uso de microssimulação**. 2016. 142 f. Trabalho de Conclusão de

Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

GODARTH, A. J. L.; YOSHIO, D.; CASTRO, E. M.; PEREIRA, G. G.; VILANOVA, L.; UETA, P. S.; PICCHIELLO, V.; TOURINHO NETO, O. S. Relatório do projeto-piloto de redução do tempo de ciclo para melhorar a velocidade operacional do ônibus. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo: **Notas técnicas**, NT 230/13. 2013.

GOUVEIA JR., C. G.; ARAÚJO, K. W. G.; ANDRADE, M. O. Análise de desempenho em trechos com e sem prioridade para o transporte coletivo ao longo de um corredor BRT. *In: XXXII ANPET*, 2018, Gramado. **Anais do evento**, v. 1, p. 773-784.

MUKAKA, M. M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, Chichiri, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

PIOVESAN, L. H. Velocidade média – Considerações sobre seu cálculo. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo: **Notas Técnicas**, NT 141/92. 1992.

RECK, G. **Apostila de Transporte Público**. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Transporte, 2019. 108 p.

RODRIGUES, M. O. **Avaliação da qualidade do transporte coletivo da cidade de São Carlos**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

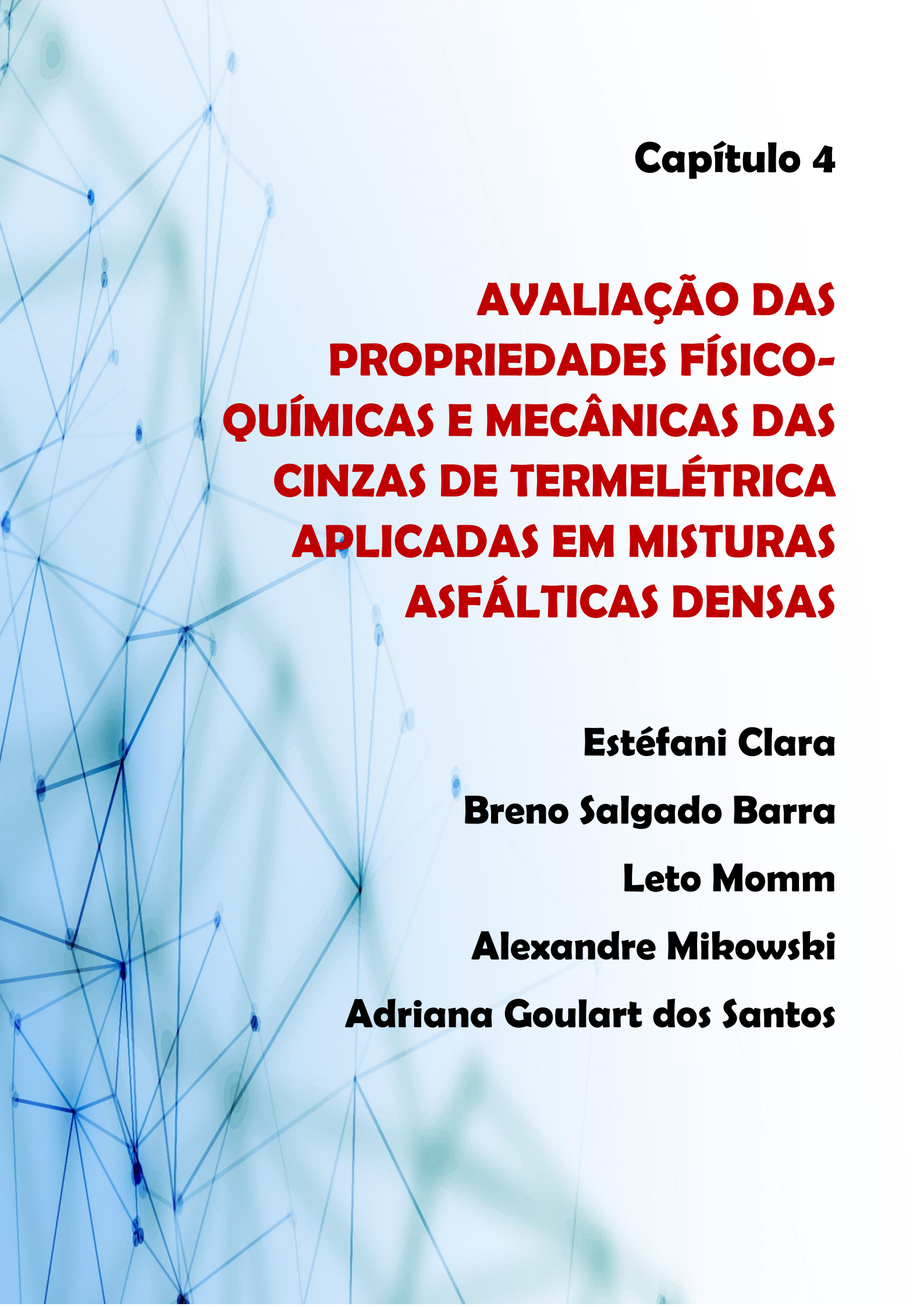
SARAIVA, P. G.; CASARI, J. P. de A.; ORTEGA, V. E. T. **Simulações de faixas de ônibus em vias arteriais da cidade de São Paulo**. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

SORRISO DE TOLEDO. **Horários e mapas**. 2020. Disponível em: <<https://www.sorrisodetoledo.com.br/horarios/>>. Acesso em: 17 out. 2020.

TOLEDO. Secretaria de Segurança e Trânsito. **Plano de mobilidade urbana**. Toledo: [s.n.], 2015. 235 p.

TORRES, A. **Estudo comparativo de modais de transporte público**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Transportes da Cidade do Rio de Janeiro, [s.n.], 2010. 74 p.

VASCONCELLOS, E. A. de. Desvendando a política brasileira de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos**, ano 27/28, 3º/4º trimestre, p. 11-36, 2005.



## **Capítulo 4**

# **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS E MECÂNICAS DAS CINZAS DE TERMELÉTRICA APLICADAS EM MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS**

**Estéfani Clara**

**Breno Salgado Barra**

**Leto Momm**

**Alexandre Mikowski**

**Adriana Goulart dos Santos**

## **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E MECÂNICAS DAS CINZAS DE TERMELÉTRICA APLICADAS EM MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS**

**Estéfani Clara, Me.**

Professora Mestre, Pesquisadora da UFSC.

**Breno Salgado Barra, Dr.**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC.

**Leto Momm, Dr.**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (1974), pós-graduado em Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1981) e doutorado em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (1998).

**Alexandre Mikowski, Dr.**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC

**Adriana Goulart dos Santos, Dra.**

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Possui mestrado e doutorado em Engenharia de Transportes, pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é professora no Departamento de Engenharia Civil, no Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

## RESUMO

O principal objetivo deste artigo é avaliar o efeito da incorporação de cinzas oriundas da queima do carvão mineral nas propriedades físico-químicas e mecânicas das misturas asfálticas densas. Para tanto, foram analisadas as matrizes denominadas Fly Ash (cinza volante), Bottom Ash (cinza pesada) e uma composição com 50% de ambas as ocorrências, as quais foram comparadas com frações convencionais de granulares gnáissicos britados, todos utilizados como material de enchimento (fíler) a 6,0% passante na malha de abertura 0,075mm, nas curvas granulométricas das misturas asfálticas, o ligante utilizado é o ligante betuminoso de penetração 30/45 (0,1mm). Os fíleres foram submetidos à análise química, mineralógica, física e morfológica. As misturas asfálticas formuladas foram submetidas à avaliações baseadas na metodologia francesa de formulação, compreendendo os aspectos de habilidade de compactação com a prensa de compactação giratória (PCG), ensaio de Duriez a 18°C e deformação permanente. Diante dos resultados obtidos e das análises efetuadas, é possível concluir que as matrizes estudadas são viáveis tecnicamente para utilização em misturas asfálticas, abrindo-se inclusive a possibilidade de um mercado para a utilização em larga escala da Bottom Ash, atualmente sem destinação alguma aos serviços de beneficiamento de insumos, notadamente na região sul do Estado de Santa Catarina.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cinzas de carvão mineral; Misturas asfálticas densas; Metodologia francesa de formulação.

## ABSTRACT

The main objective of this article is to evaluate the effect of the incorporation of ash from the burning of coal on the physical-chemical and mechanical properties of dense asphalt mixtures. For this purpose, the matrices denominated Fly Ash (fly ash), Bottom Ash (heavy ash) and a composition with 50% of both occurrences were analyzed, which were compared with conventional fractions of crushed gneiss granules, all used as filling material (filler) 6.0% through the 0.075mm aperture mesh, in the granulometric curves of asphalt mixtures, the binder used is the 30/45 bituminous penetration binder (0.1mm). The fillers were submitted to chemical, mineralogical, physical and morphological analysis. The formulated asphalt mixtures were subjected to evaluations based on the French formulation methodology, comprising aspects of compaction ability with the giratory shear compacting press (PCG), Duriez test at 18°C and permanent deformation. In view of the results obtained and the analyzes carried out, it is possible to conclude that the matrices studied are technically feasible for use in asphalt mixtures, even opening up the possibility of a market for the large-scale use of Bottom Ash, currently without any destination for services processing, notably in the southern region of the State of Santa Catarina.

**KEYWORDS:** Mineral coal ash; Dense asphalt mixtures; French formulation methodology.

## 1. INTRODUÇÃO

O carvão mineral é o mais abundante dos combustíveis fósseis, com reservas ultrapassando a ordem de 1 trilhão de toneladas, o suficiente para atender à demanda atual por mais de cento e trinta anos de acordo com BP *Statistical Review of World Energy* (2019). Abundância das reservas e o desenvolvimento de tecnologias de limpeza e combustão eficiente, conjugadas à necessidade de expansão dos sistemas elétricos e restrições ao uso de outras fontes, indicam que o carvão mineral continuará sendo, por muitas décadas, uma das principais fontes de geração de energia elétrica no Brasil (ANEEL, 2005).

Além dos aspectos técnicos e funcionais, hoje a sociedade exige não só um bom desempenho dos materiais ou da construção, mas também das interações com o meio ambiente, em busca daqueles cuja obtenção ou realizações se materializam com menor impacto ecológico e menor ônus energético (ISAIA *apud* POZZOBON, 1999).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica da substituição parcial dos granulares gnáissicos britados pelas cinzas oriundas da queima do carvão mineral para a geração de energia, visando a redução dos problemas ambientais causados pelas mesmas e contribuindo na discussão sobre o assunto, visando um melhor emprego das cinzas supracitadas essa pesquisa destaca a cinza leve (*Fly Ash*), já bastante explorada pela indústria cimenteira, e a cinza pesada (*Bottom Ash*), que não possui atualmente aplicações ou mercados conhecidos para utilização em larga escala.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os métodos de formulação das misturas asfálticas têm evoluído nessas últimas décadas, visando corresponder o constante crescimento do tráfego. Esse cenário resultou na necessidade cada vez maior da obtenção de misturas asfálticas mais complexas, que além de resistir aos carregamentos e aos números de solicitações cada vez maiores durante todo o período previsto de serviço, deve fornecer para seus usuários conforto, segurança e economia (MANUEL LPC, 2007).

Para uma previsão mais precisa do comportamento de misturas asfálticas em campo, é imprescindível que os ensaios laboratoriais sejam capazes de simular, com

a maior fidelidade possível, os esforços de solicitações e os fenômenos observados nas estruturas rodoviárias em campo (BARRA, 2009).

A qualidade e a pertinência dos métodos de formulação das misturas asfálticas condicionam, em grande parte, a segurança no uso das infraestruturas, a durabilidade e os custos conservação. São ainda, ferramentas preciosas para a inovação no fornecimento de diretrizes à elaboração e ao melhoramento de materiais experimentais e de meios de avaliação de seus desempenhos. A elaboração de um método de avaliação resulta de um processo longo e complexo, necessitando de uma numerosa quantidade de comparações entre os resultados de campo e laboratório durante a vida útil do material e que esteja amplamente de acordo com o contexto dos métodos de dimensionamento dos pavimentos, bem como de classificação e normalização dos materiais (MANUEL LPC, 2007).

O manual do *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*, estabelece uma sequência de ensaios para a metodologia Francesa de formulação de misturas asfálticas, divididos em 5 níveis de formulação que, por sua vez, são subdivididos em empíricos (em que não existe uma modelação matemática, sendo compreendido pelos níveis 0, 1 e 2) e fundamentais (compreendido pelos níveis 3 e 4), conforme demonstrado na Figura 1.

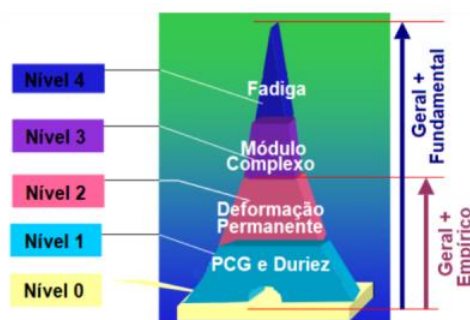


Figura 1 - Níveis de ensaios para a formulação de misturas asfálticas.  
Fonte: Manuel LPC (2007).

### 3. METODOLOGIA

Este trabalho encontra-se limitado ao nível empírico da metodologia Francesa para formulações de misturas asfálticas. O desenvolvimento desta pesquisa iniciou-se com a seleção das jazidas para a coleta das amostras dos materiais de estudo e na sequência foram executados os ensaios de caracterização desses materiais e definidas as respectivas classificações geológicas, mineralógicas, químicas e físicas das suas ocorrências.

### 3.1. Caracterização dos agregados pétreos

A campanha experimental desta pesquisa se iniciou no Laboratório de Desenvolvimento e Tecnologia em Pavimentação (LDTPav) do Campus de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os agregados pétreos utilizados são oriundo de britagem de maciço rochoso gnáissico e foram fornecidos pela empresa Rudnick Minérios S.A., localizada no distrito de Pirabeirada, na cidade de Joinville/SC. O ligante betuminoso de penetração 30/45 (0,1mm) é oriundo da distribuidora CBB Asfaltos, localizada na região metropolitana de Curitiba/PR.

Os ensaios de desgaste por abrasão Los Angeles (DNER-ME 035/1998 e DNER-ME 037/1997), Índice de forma (ABNT NBR 7809/2006), Resistência ao ataque químico (DNER-ME 089/1994 e DNER-ME 037/1997), Equivalência de areia (DNER-ME 54/1997), Teor de material pulverulento (DNER-ME 266/1997 e DNER-ME 37/1997) e Absorção, se demonstraram dentro dos limites impostos pelas normativas apresentadas e, dessa maneira, são passíveis de utilização em mistura asfálticas. Já o ensaio de Adesividade ao ligante betuminoso (DNER-ME 078/1994) não demonstrou um parâmetro de adesividade adequado, que em situações práticas de obras, o mesmo deve ser corrigido com a inserção de aditivos melhoradores de adesividade ou pela substituição de adições granulares com natureza eletropositiva, que permitam a formação de um dipolo de atração química com a matriz eletronegativa dos materiais hidrocarbonetos. Importante destacar que nesta pesquisa não foram utilizados aditivos melhoradores de adesividade, com o intuito de preservar as características originais dos insumos, para que não tivessem qualquer influência nos resultados da campanha experimental e, portanto, permitindo a verificação do real efeito da utilização das cinzas oriundas da queima do carvão mineral nas misturas asfálticas.

### 3.2. Caracterização das cinzas

As propriedades físico-químicas das cinzas oriundas da combustão do carvão mineral em usinas termelétricas são influenciadas por diversos fatores, tais como a composição do carvão; grau de beneficiamento e moagem do carvão; tipo, projeto e operação da caldeira; sistema de extração e manuseio das cinzas. Devido a estes fatores, as cinzas apresentarão variação na sua composição e propriedades físico-

químicas, não só de usina para usina, mas de caldeira para caldeira na mesma usina e até numa mesma caldeira em tempos diferentes. (GOETHE, 1990 *apud* CAMARA, 2011).

Ao iniciar as caracterizações foi necessário o reconhecimento das frações granulométricas representativas das cinzas para que assim resulta-se em uma reutilização mais eficiente desse resíduo sólido. Em análise a morfologia dos grãos, pode-se observar um aspecto esponjoso ou estrutura vesicular, isto ocorre devido os argilominerais fundidos gerarem partículas vítreas, ricas em inclusões gasosas que além de gerar um aspecto esponjoso causam fragilidade aos grãos de dimensões maiores, em frações situadas entre as peneiras de abertura 0,60 mm a 0,15 mm. Em análise as frações mais representativas para ambas as cinzas e em consonância ao percentual máximo para a substituição dos finos para que não ocorra risco de perda de resistência, convencionou a limitação da utilização das frações de cinzas em 6,0% em substituição as frações de fundo (<0,075mm), observadas a percentagem desta fração é de 17,8% para as cinzas Bottom Ash e 52,6% para as cinzas Fly Ash, conforme Figura 2.

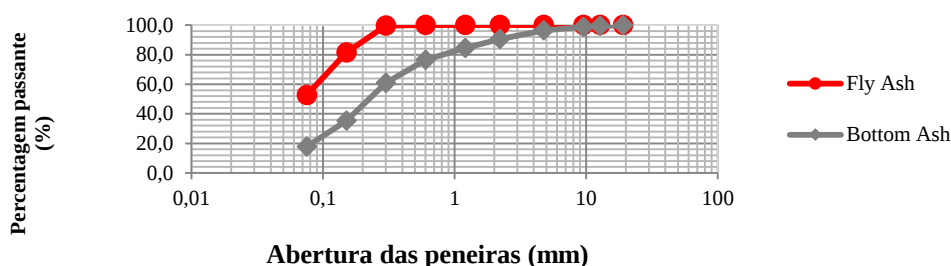


Figura 2 - Distribuição granulométrica das cinzas.  
Fonte: Clara (2020).

A análise morfológica dos fíleres em estudo como Pó de brita, cinzas Bottom ash e Fly ash, foram realizadas a partir da análise das imagens produzidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) conforme demonstrada na Figura 3.

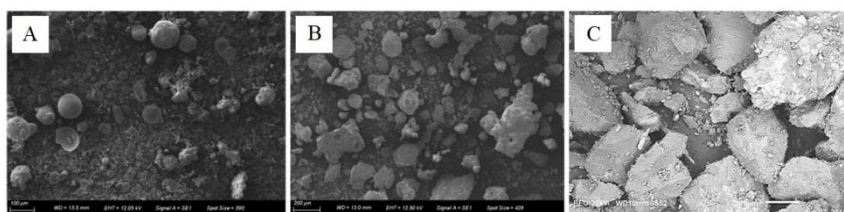


Figura 3 - Microscopia eletrônica de varredura (A) Fly Ash, (B) Bottom Ash, (C) Agregado granítico.  
Fonte: A-B: Aquino et al. (2017). C: Siroma (2018).

Nessa análise é possível observar que as cinzas de carvão possuem formas esféricas de diferentes diâmetros e partículas irregulares de tamanhos variados. Isso

é possível devido aos diferentes estados físicos da sílica presente em amostras de cinzas de carvão são responsáveis pela forma das partículas de tamanhos irregulares. A morfologia do pó de pedra se demonstra com formato predominante subangular e a textura se mostra bem rugosa. Essas características tendem a favorecer o intertravamento granular, resultando em misturas asfálticas mais estáveis.

Para análise das características físico-químicas dos fíleres utilizados na presente pesquisa foi realizada uma parceria técnica entre o Centro Tecnológico da SATC (CT-SATC), pertencente à Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC), e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas (Pós-ECM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), tendo como base, estudos já desenvolvidos pela SATC em relação às aplicações das cinzas.

Os resultados das análises mineralógicas encontra-se demonstrados nas Figuras 4 e 5, observa-se a presença de anortita, biotita, albita e quartzo, no fíler Pó de pedra.

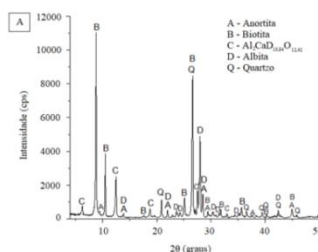


Figura 4 - Análise mineralógica DRX (A) Pó de pedra  
Fonte: Clara (2020).

Em ambos os fíleres Fly ash e Bottom ash (Figura 4) se observa a presença de duas fases típicas presentes em diversas cinzas provenientes da queima de carvão mineral, quartzo e mulita. De acordo com Rohde et al. (2006), a mulita presente nas cinzas é resultante das reações que ocorrem durante a combustão do carvão. O quartzo, por sua vez, está presente no carvão precursor e não funde nas condições de queima nas usinas termelétricas. A presença de hematita e magnetita nas cinzas é decorrente da oxidação de sulfetos de ferro na forma de pirita, normalmente presente no marcassita e pirrotita presentes no carvão queimado.

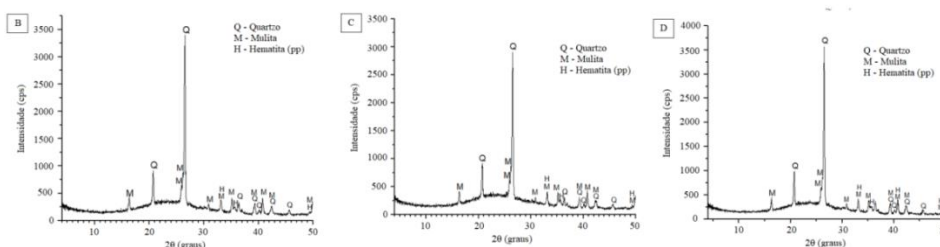


Figura 5 - Análise mineralógica DRX (B) 50% Fly e Bottom, (C) Fly ash e (D) Bottom ash.

Fonte: Clara (2020).

A composição química referente aos elementos majoritários presentes nas amostras foram realizadas por Espectrometria de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva (FRX), seguindo a norma ASTM D7348-07. A Tabela 1 apresenta as composições químicas das cinzas e do pó de pedra.

Tabela 1 - Composição química majoritária dos fíleres.

| Fíleres<br>(%Massa)   | Componentes      |                                |                                |     |      |                  |                  |                 |      |                  |                               |     |      |                                |                   |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|------|------------------|------------------|-----------------|------|------------------|-------------------------------|-----|------|--------------------------------|-------------------|
|                       | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | MgO  | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | MnO  | ZrO <sub>2</sub> | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SrO | ZnO  | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> O |
| Conv. <sup>1</sup>    | 53,6             |                                | 10,9                           | 8,0 |      | 2,5              |                  | 0,4             |      |                  |                               | 0,0 |      |                                |                   |
|                       | 0                | 14,51                          | 3                              | 8   | 3,26 | 8                | 1,23             | 4               | 0,25 | 0,10             | 0,07                          | 6   | 0,04 | 0,03                           | 2,31              |
| Fly+Bot. <sup>2</sup> | 58,4             |                                | 20,1                           | 2,5 |      | 4,2              |                  | 0,7             |      |                  |                               | 0,0 |      |                                |                   |
|                       | 8                | 7,38                           | 3                              | 9   | 0,62 | 4                | 1,48             | 8               | 0,03 | 0,11             | 0,10                          | 3   | 0,06 | 0,05                           | 0,64              |
| Fly <sup>3</sup>      | 60,2             |                                | 19,8                           | 2,8 |      | 4,6              |                  | 0,8             |      |                  |                               | 0,0 |      |                                |                   |
|                       | 6                | 7,21                           | 7                              | 7   | -    | 0                | 1,60             | 1               | 0,04 | 0,10             | 0,09                          | 3   | 0,07 | 0,08                           | 0,67              |
| Bottom <sup>4</sup>   | 58,9             |                                | 19,6                           | 1,7 |      | 4,2              |                  | 0,2             |      |                  |                               | 0,0 |      |                                |                   |
|                       | 1                | 6,99                           | 2                              | 9   | 0,61 | 9                | 1,54             | 2               | 0,04 | 0,13             | 0,09                          | 3   | 0,04 | 0,04                           | 0,86              |

<sup>1</sup>Convencional: Pó de Pedra (Perda ao fogo (%): 2,519)

<sup>2</sup>Fly+Bot.: 50% Fly Ash e 50% Bottom Ash (Perda ao fogo (%): 3,213)

<sup>3</sup>Fly: 100% Fly ash (Perda ao fogo (%): 1,634)

<sup>4</sup>Bottom: 100% Bottom Ash (Perda ao fogo (%): 4,747)

Fonte: Clara (2020).

Analisando os resultados obtidos observa-se a presença de alguns elementos em abundância que são denominados de Sílica (SiO<sub>2</sub>), Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Óxido de Ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Óxido de Cálcio (CaO), ainda observa-se também a presença de elementos que conferem o potencial tóxico da cinza sendo eles, Ácido sulfúrico (Trióxido de enxofre), Zinco, Cromo entre outros.

Além dos elementos indicados na Tabela 1, foram detectados os elementos Rb<sub>2</sub>O, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e PbO nos fíleres Fly Ash, Bottom ash e 50% Fly ash + 50% Bottom ash, com quantidades inferiores a 0,03%.

As análises texturais das amostras foram também realizadas no CT-SATC, no Laboratório de Captura de CO<sub>2</sub>. Foi utilizada a técnica de adsorção de nitrogênio (N<sub>2</sub>). As técnicas de adsorção de gases utilizadas para determinação dessas estruturas consistem na determinação da quantidade de adsorbato, necessária para formar uma camada monomolecular (monocamada) sobre a superfície a ser medida. Os resultados obtidos na Tabela 2, demonstram que o pó de pedra apresenta um maior diâmetro de poros e maior volume de poros.

Tabela 2 - Composição química majoritária dos fíleres.

| Amostra                              | Bottom ash | Fly ash  | 50% Bottom + 50% Fly | Pó de pedra |
|--------------------------------------|------------|----------|----------------------|-------------|
| Área Superficial (m <sup>2</sup> /g) | 1,454      | 6,311    | 3,933                | 3,052       |
| Volume de poros (cm <sup>3</sup> /g) | 0,013950   | 0,003170 | 0,009819             | 0,012850    |
| Diâmetro médio de poros (Å)          | 88,44      | 87,24    | 99,84                | 168,4       |

Fonte: Clara (2020).

A porosidade exerce grande efeito nas propriedades mecânicas dos materiais, como resistência, dureza e na quantidade de ligante betuminoso a ser mobilizado o envolvimento do granular, logo fíleres que apresentam elevada porosidade possuirão capacidade de adsorver maior quantidade de ligante betuminoso, fator que teoricamente gera uma ancoragem mais firme das partículas e, conseqüentemente, um aumento da rigidez.

A determinação da dureza dos fíleres se fez necessário para justificar os comportamentos observados durante a campanha experimental da presente pesquisa, o procedimento para determinação do mesmo, foi realizado através da literatura, visto a grande dificuldade de se obter a dureza através os métodos convencionais devidos seus grãos serem frágeis conforme já mencionado. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos através da estimativa em função dos componentes químicos.

Tabela 3 - Estimativa da dureza dos fíleres.

| Amostra       | Bottom ash | Fly ash | 50% Bottom + 50% Fly | Pó de pedra |
|---------------|------------|---------|----------------------|-------------|
| Dureza (Mohs) | 7,13       | 7,17    | 7,15                 | 6,08        |

Fonte: Clara (2020).

Analisando as durezas estimadas, podemos observar que o valor estimado para o pó de pedra quando comparadas com as durezas das cinzas observa-se uma pequena variabilidade nos resultados, sendo a dureza maior encontrada é para a cinza Fly ash, essa dureza pode ser justificada visto que sua composição predominante é Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e SiO<sub>2</sub>, tendo suas durezas na ordem de 9 e 7 Mohs, respectivamente, essa dureza é dependente diretamente das forças de ligação entre os átomos, íons ou moléculas.

Outra análise realizada foi o ponto de amolecimento pelo método de anel e bola (ABNT NBR 6560/2016), com o intuito de se verificar o efeito de cada fíler sobre o mastique betuminoso, foram executados a partir da formulação de mástiques formulados com os fíleres estudados na presente pesquisa, ambos com 6,0% em peso do ligante betuminoso, as Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 4 - Ponto de amolecimento, ensaio realizado mesmo dia de moldagem do mástique.

| Amostra         | Sem adição de fíler | Bottom ash | Fly ash | 50% Fly e Bottom | Pó de pedra |
|-----------------|---------------------|------------|---------|------------------|-------------|
| Resultados (°C) | 53,5 (Replan 2018)  | 53,5       | 54,0    | 53,5             | 53,5        |

Fonte: Clara (2020).

Tabela 5 - Ponto de amolecimento, ensaio realizado 6 dias após moldagem do mástique.

| Amostra         | Sem adição de fíler | Bottom ash | Fly ash | 50% Fly e Bottom | Pó de pedra |
|-----------------|---------------------|------------|---------|------------------|-------------|
| Resultados (°C) | 53,5 (Replan 2018)  | 54,0       | 54,0    | 54,0             | 53,5        |

Fonte: Clara (2020).

Analizando os resultados obtidos, verifica-se uma forte similaridade entre os valores apresentados, evidenciando o caráter amorfo das cinzas e do pó de pedra fazendo com que não exerçam influência significativa na rigificação do ligante betuminoso, logo sendo considerados fíleres inertes na composição da mistura asfáltica, isto é, sem característica pozzolânica.

#### 4. RESULTADOS

O ensaio de PCG visa verificar a habilidade de compactação das misturas asfálticas, a partir do uso da Prensa de Compactação por Cisalhamento Giratória (PCG) (AFNOR NF P 98-252, 1999). Os resultados médios obtidos nos ensaios estão apresentados na Figura 6. Conforme demonstrado, nesta pesquisa as misturas convencionais executadas, foram as formuladas somente com teor de ligante de 4,70%, visto que Siroma (2018) executou os mesmos ensaios para o mesmo tipo de mistura com a mesma formulação nos teores de ligantes iguais a 4,22%, 4,54% e 4,86%.

Para as misturas asfálticas do tipo BBSG (*Béton Bitumineux Semi-Grenus*), as prerrogativas normativas estabelecem a aferição do teor de vazios a 80 giros, devendo enquadrar-se no intervalo entre 4,0% e 9,0%. Os resultados obtidos fora dos limites normativos comprovam que as misturas asfálticas demonstrariam em campo uma habilidade de compactação indesejada, ou seja, com uma precoce diminuição excessiva dos vazios, situação que poderia desencadear o potencial surgimento de deformação permanente e até mesmo de exsudação no campo.

Analizando a Figura 6, é possível constatar que a morfologia e a textura dos granulares têm uma forte influência na habilidade de compactação, visto que os

materiais graníticos possuem características favorecendo o intertravamento granular, resultando em misturas asfálticas mais estáveis.

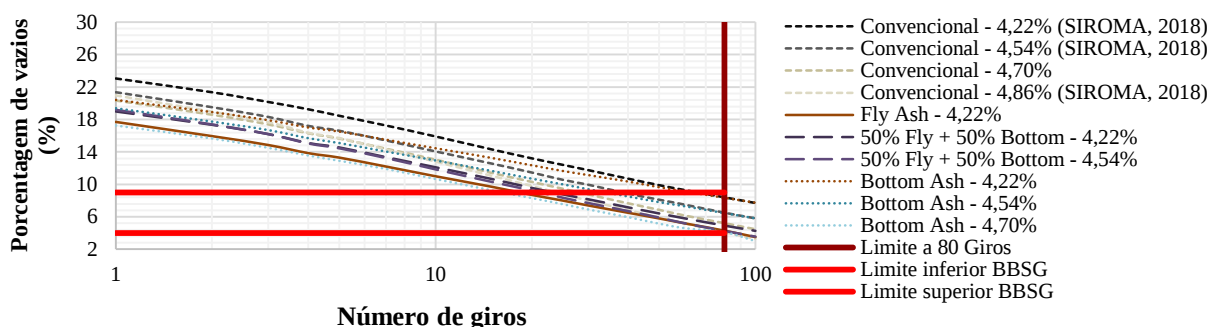


Figura 6 - Resultados dos ensaios de PCG.

Fonte: Clara (2020).

Os resultados dos ensaios da mistura com adição da Fly ash, demonstraram uma maior densificação. Quanto às cinzas Bottom ash, isso ocorreu devido as características morfológicas das cinzas que justificam o comportamento dessas misturas apresentando um melhor embricamento dos granulares, resultando em um maior volume de vazios. Ainda em análise fica evidente que o aumento do teor de ligante ocasiona maior compacidade das misturas asfálticas, o que é justificado pelo aumento da lubrificação gerada entre os granulares, resultando em maior acomodação das partículas.

Após a conclusão dos ensaios de PCG, foi avaliada a resistência à sensibilidade à água (NF 98-251-1, 1995). A Figura 7 traz os resultados obtidos nos ensaios.

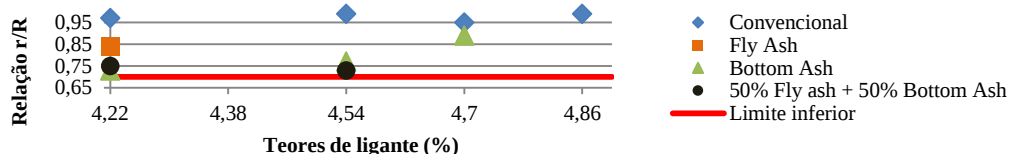


Figura 7 - Resultados dos ensaios de Duriez.

Fonte: Clara (2020).

Analisando os resultados obtidos, tem-se que todos os teores das misturas estudadas foram aprovados, demonstrando uma média superior ao valor mínimo adotado pela norma. Conclui-se, então, que as misturas estudadas não apresentaram uma redução superior a 30% da resistência à compressão simples. Os dados da relação  $r/R$  para a mistura convencional nos teores de 4,22%, 4,54% e 4,86% foram obtidos por Siroma (2018).

No entanto, é importante ressaltar que novamente a morfologia das frações granulares foi decisiva nos resultados apresentados, agora na relação do corpo de prova condicionados na água (r) e condicionados a seco (R), pois quimicamente ambas as matrizes gnáissicas e das cinzas são eletronegativas, com majoritária presença de sílica, não contribuindo em ambos os casos para uma boa resistência à ação deletéria da água.

O ensaio subsequente realizado foi o ensaio de deformação permanente (AFNOR NF EN 13108-1, 2007), que consiste na avaliação da resistência das misturas asfálticas à formação de trilha de rodas. O resultado deste ensaio está demonstrado na Figura 8.

A mistura BBSG 0/14mm possui três classificações possíveis, determinada em função da percentagem de afundamento após 30.000 ciclos (AFNOR, 2007). As classes 2 e 3 são as que mais se assemelham ao contexto brasileiro.

Analisando as misturas dosadas com o teor de 4,22% de ligante, tem-se que todas se enquadraram na classe 3, o que significa que possuem as melhores condições de resistência ao afundamento na trilha de roda para a categoria BBSG, isto é, abaixo de 5,0%.

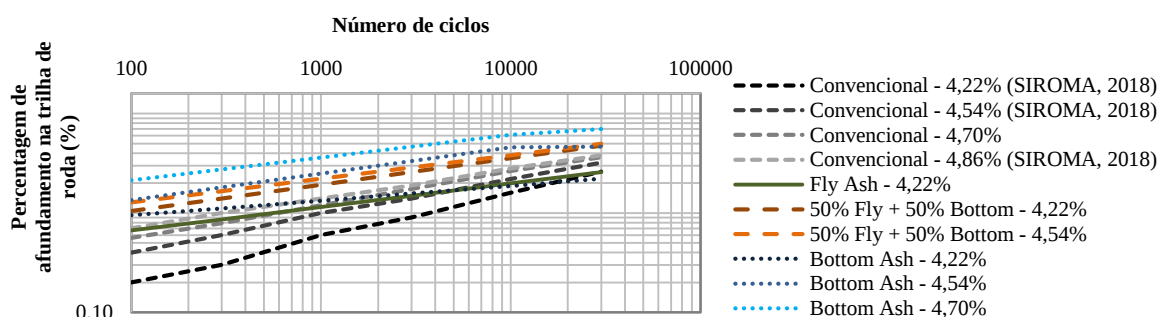


Figura 8 - Resultados dos ensaios de Deformação permanente.

Fonte: Clara (2020).

Todas as misturas se enquadram na classe 3, exceto a mistura com adição de 100% Bottom no teor de ligante de 4,70%, que resultou em um afundamento de 7,01%, logo, estão aptas a serem utilizadas nas condições mais severas de tráfego em situações práticas. A mistura 100% Bottom a enquadra na classe 2, referente à metodologia francesa, ou seja, na faixa situada entre 5,00% e 7,50%, inferior à classe 3, mas apta a ser utilizada em situações de tráfego em ambiente climático com elevado gradiente térmico.

## 5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos e das análises efetuadas, é possível concluir que as matrizes estudadas são viáveis tecnicamente para utilização em misturas asfálticas, assim, é possível inferir que o bom comportamento mecânico de um material, notadamente as misturas asfálticas, não está diretamente relacionado apenas à resistência física propriamente dita, mas também às variáveis de forma de suas matrizes granulares. Outrossim cabem destacar que para a obtenção deste êxito, são os cuidados quanto a formulação das misturas asfálticas devem ser tomados em cada caso, analisando minuciosamente a distribuição granulométrica, a morfologia das partículas, e, sobretudo, utilização de um percentual moderado do material na composição granulométrica. Do contrário, os riscos assumidos de insucesso são muito grandes, devido às características morfológicas de suas ocorrências.

Assim conclui-se a viabilidade da utilização das cinzas oriundas da queima do carvão em misturas asfálticas, logo abrindo-se inclusive a possibilidade de um mercado para a utilização em larga escala da Bottom Ash, atualmente sem destinação alguma aos serviços de beneficiamento de insumos, notadamente na região sul do Estado de Santa Catarina.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL. 2005. **Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica.**
- AQUINO, T. F.; ESTEVAM S. T.; CORRÊA G. R.; MARQUES C. R. M.; MELO A. R.; MARCELO R. R.; PIRES M.; HAMMERSCHMITT M.; RIELLA H. G. 2017. **Síntese de zeólitas do tipo X a partir de cinzas volantes e de fundo de carvão mineral.** V Congresso Brasileiro de Carvão Mineral.
- BARRA, B. S. 2009. **Avaliação da ação da água no módulo complexo e na fadiga de misturas asfálticas densas.** Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 327 p.
- BP. 2019. Statistical Review of World Energy 2019 . 68th edition.

CAMARA, A.L. 2011. **Estudo do comportamento de materiais alternativos e suas aplicações na engenharia geotécnica.** (Aplicação de Cinzas de Carvão como Condicionadores de Solo). Departamento de Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUCRio).

CLARA, E. 2020. **Avaliação de misturas asfálticas densas com a incorporação de cinza de carvão mineral.** Dissertação de Mestrado. Joinville: Universidade Federal de Santa Catarina.

MANUEL LPC, 2007. Manuel **LPC d'aide à la formulation des enrobés. Groupe de Travail RST "Formulation des enrobés"**. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Paris, France.

POZZOBON, C.E. 1999. **Aplicações tecnológicas para cinza do carvão mineral produzida no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RHODE, G. M.; ZWONOK, O.; CHIES, F.; SILVA, 2006. N.I.W. **Cinzas de carvão fóssil no Brasil – Aspectos técnicos e ambientais.** vol.1 Porto Alegre: CIENTEC.

SIROMA, R. S. 2018. **Avaliação da deformação permanente em misturas asfálticas densas formuladas com areia descartada de fundição (ADF).** Dissertação.



## **Capítulo 5**

# **MISTURAS ASFÁLTICAS DO TIPO PMF E CA: UMA AVALIAÇÃO PARAMÉTRICA COMPARATIVA**

**Breno Salgado Barra**

**Yader Alfonso Guerrero Pérez**

**Daniel Hastenpflug**

**Lilian Kethelyn Brum Maciel Rodrigues**

**Ruan Marcos Xavier**

**Alexandre Mikowski**

**Marcelo Heidemann**

**Helena Paula Nierwinski**

## **MISTURAS ASFÁLTICAS DO TIPO PMF E CA: UMA AVALIAÇÃO PARAMÉTRICA COMPARATIVA**

**Breno Salgado Barra, Dr.**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC

**Yader Alfonso Guerrero Pérez, Dr.**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC.

**Daniel Hastenpflug, Dr.**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC.

**Lilian Kethelyn Brum Maciel Rodrigues, Eng.**

Mestranda, Pesquisadora da UFSC.

**Ruan Marcos Xavier, Eng.**

Graduando, Pesquisador da UFSC.

**Alexandre Mikowski, Dr.**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC

**Marcelo Heidemann, Dr.**

Professor adjunto do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Departamento de Engenharias da Mobilidade, UFSC, campus Joinville-SC.

**Helena Paula Nierwinski, Dr<sup>a</sup>.**

Professora adjunta do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Departamento de Engenharias da Mobilidade, UFSC, campus Joinville-SC.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar comparativamente os parâmetros de dosagem de misturas asfálticas densas e semidensas do tipo Pré Misturado a Frio (PMF), em relação a uma formulação densa de referência em Concreto Asfáltico (CA), baseada em pesquisa previamente realizada. Para tanto, foram caracterizados os materiais usados nas misturas PMF, como as frações pétreas gnáissicas e Emulsão a Asfáltica de Petróleo (EAP) RL-1C. A composição granulométrica de todas as misturas foi concebida a partir do método racional, com o uso da equação de Füller-Talbot. A determinação dos parâmetros de dosagem foi estabelecida pela metodologia Marshall. Os resultados obtidos indicam, para PMF, que as misturas semidensas tiveram caracterização mecânica ligeiramente melhor quando comparadas às densas, enquanto a estabilidade das misturas CA de referência são de 3,0 a 2,7 vezes maior, quando comparado às misturas densa e semidensa, respectivamente, do tipo PMF. Ainda, notou-se forte influência do período de ruptura da emulsão asfáltica no método de compactação utilizado, refletindo nos resultados do ensaio. As misturas PMF são viáveis para utilização em obras de pavimentação, porém devem ser utilizadas considerando tráfegos pouco volumosos e intensos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto asfáltico, Marshall, Parâmetros de dosagem, PMF.

## ABSTRACT

The main aim of this paper is to comparatively assess dosage parameters of dense and semi-dense cold asphalt mixes, in relation to a dense hot asphalt mix formulation taken as reference, based on former research. For cold asphalt mixes, they were characterized crushed gneissic rock particles provided by a quarry placed in the metropolitan region of Joinville/SC, as well as the asphaltic emulsion RL-1C supplied by distributor from Curitiba/PR. The granulometric formulation of all mixes was conceived through rational methodology, with use of Füller-Talbot equation. Dosage parameters were determined by the Marshall method. The results obtained indicate, for cold asphalt mixes, that semi-dense gradations had performances slightly better than those denses, whereas the stability of hot asphalt mixes were from 2.7 to 3.0 times higher, when compared to the dense and semi-dense cold asphalt mixes. Furthermore, it was noted a strong influence of the emulsion rupture time with regards the compaction mode used, influencing on the test results. Finally, cold asphalt mixes are feasible for being used in pavement works, however, they must be designed considering traffic with low volumes and intensities.

**KEYWORDS:** asphalt concrete, Marshall, dosage parameters, cold asphalt mix.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2019), apesar da importância do modal rodoviário para a economia do Brasil, as rodovias somam 1.720.756 km, e desses, apenas 12,3% são pavimentadas. Entre os principais tipos

de camadas asfálticas utilizadas no Brasil estão o Concreto Asfáltico (CA) e o Pré-Misturado a Frio (PMF).

O PMF é produto, em usina, de granulares minerais – gráúdo e miúdo – e asfalto diluído ou emulsão asfáltica, espalhado e comprimido a frio e as misturas de CA são produtos da mistura convenientemente proporcionada de granulares de vários tamanhos e cimento asfáltico de petróleo (CAP). Os materiais devem ser aquecidos em temperatura previamente definidas, em função das características de viscosidade do ligante betuminoso (SENÇO, 2001; BERNUCCI *et al.*, 2010).

Quando comparado ao CA, o PMF possui inúmeras vantagens, como menor custo dos equipamentos, a possibilidade de armazenamento da mistura e o menor impacto ambiental do processo produtivo. O menor custo se dá por não ser empregada energia para aquecimento dos materiais, bem como pela emulsão asfáltica de petróleo (EAP) possuir valor comercial inferior ao CAP (SANTOS, 2002).

Apesar de possuir vantagem ambiental e financeira, em estudo comparativo realizado por Guimarães e Loures (2015), foi observado que o PMF possui uma grande variabilidade no comportamento mecânico das formulações concebidas, concluindo-se pela sua viabilidade apenas para solicitações de tráfego leve a médio.

Dado o exposto, este trabalho consiste na realização de uma análise dos parâmetros de dosagem de misturas asfálticas densas e semidensas do tipo PMF, em laboratório, a partir da metodologia Marshall, para fins de contribuição quanto ao tema relacionado à viabilidade técnica de sua utilização, em comparação com uma mistura densa em CA convencionalmente utilizada em obras de pavimentação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material pétreo utilizado neste trabalho é oriundo de jazida localizada na zona de transição do Complexo Granulítico Santa Catarina e o Granito Piraí (MEURER, 2015), mais especificamente na região metropolitana de Joinville/SC. Os resultados de caracterização deste material são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização do agregado pétreo.

| Ensaio                  | Norma              | Resultados | Limites normativos |
|-------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Abrasão Los Angeles (%) | DNER-ME 035 (1998) | 17,5%      | Máximo 50%         |

|                                   |                      |       |            |
|-----------------------------------|----------------------|-------|------------|
| Equivalente de areia              | DNER-ME 054 (1997)   | 78,0% | -          |
| Absorção                          | -                    | 0,5%  | -          |
| Adesividade ao ligante betuminoso | DNER-ME 078 (1994)   | Má    | -          |
| Durabilidade (%)                  | DNER-ME 089 (1994)   | 5,30% | Máximo 12% |
| Índice de Forma                   | ABNT NBR 7809 (2006) | 0,60  | Mínimo 0,5 |
| Absorção (%)                      | DNER-ME 081 (1998)   | 0,36  | -          |

Fonte: Autoral

Cabe ressaltar a má adesividade da matriz granular com o ligante betuminoso, em razão de ambos os materiais possuírem carga elétrica predominantemente eletronegativa (SIROMA, 2018). Para solucionar este problema, geralmente são utilizados melhoradores de adesividade nas misturas asfálticas. No entanto, nesta pesquisa não foi utilizado nenhum tipo de aditivo ou adição com esta finalidade, para assim poder verificar o real efeito do potencial de aplicação dos materiais em suas condições naturais de uso.

Para a moldagem dos corpos de prova das misturas pré-misturadas a frio (PMF) foi utilizada a Emulsão Asfáltica Catiônica RL-1C, oriunda de distribuidora localizada em Curitiba/PR, cuja caracterização é apresentada na Tabela 3, enquanto a mistura asfáltica densa de referência estudada por Eing (2018), denominada convencional, foi formulada com ligante asfáltico 30/45 em sua forma pura, proveniente de refinaria com sede em Paulínia/PR (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultado dos ensaios de caracterização da emulsão asfáltica RL-1C (EING, 2018).

| Ensaio                     | Unidade | Métodos de ensaio<br>(referências apud EING, 2018) | Características |           |
|----------------------------|---------|----------------------------------------------------|-----------------|-----------|
|                            |         |                                                    | Resultados      | Limites   |
| Ponto de amolecimento      | °C      | ABNT NBR 6560                                      | 53,5            | 52 (mín.) |
| Penetração, 100g, 5s, 25°C | 0,1mm   | ABNT NBR 6576                                      | 34              | 30-45     |
| Viscosidade Saybolt-Furol  | 135°C   | ABNT NBR 14950                                     | 220             | 192 (mín) |
|                            | 150°C   |                                                    | 92              | 90 (mín)  |
|                            | 177°C   |                                                    | 58              | 40-150    |

Tabela 3 – Resultado dos ensaios de caracterização da emulsão asfáltica RL-1C.

| Ensaio                    | Métodos de Ensaio     | Resultados | Limites normativos |
|---------------------------|-----------------------|------------|--------------------|
| Resíduo Asfáltico % (m/m) | ABNT NBR 14376 (2007) | 60,9       | Mínimo 60,0        |

|                                                                       |                       |          |             |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|-------------|
| Viscosidade Saybolt Furol, 25°C (ssf)                                 | ABNT NBR 14491 (2007) | 16,0     | Máximo 90,0 |
| Peneiramento, retido na peneira 0,84mm % (m/m)                        | ABNT NBR 14393 (2006) | 0,0      | Máximo 0,1  |
| Sedimentação, 5 dias, diferença do resíduo entre topo e fundo % (m/m) | ABNT NBR 6570 (2016)  | 2,3      | Máximo 5,0  |
| Carga de Partícula                                                    | ABNT NBR 6567 (2015)  | Positiva | Positiva    |
| Mistura com Cimento (%)                                               | ABNT NBR 6297 (2012)  | 1,8      | Máximo 2,0  |

Fonte: Autoral

A utilização de emulsão asfáltica catiônica RL-1C para esta pesquisa foi definida a partir de estudo conduzido por Santana (1992), em que recomenda a emulsão de ruptura lenta para misturas PMF com graduação densa e semidensa, devido à presença não negligenciável do teor de finos na composição granulométrica.

Para esta pesquisa, as curvas granulométricas foram formuladas pelo método racional, baseado na equação de Fuller-Talbot. O método permite a determinação de curvas granulométricas bem definidas e com preenchimento gradual dos vazios formados pelas partículas de maior dimensão, baseando-se na fixação dos diâmetros máximos e do percentual passante na menor abertura de malha da série de peneiras utilizadas na composição da mistura (Equação 1).

$$\%p = a.(d/D)^n \quad (1)$$

Em que ‘%p’ é o percentual em peso que passa na peneira de menor diâmetro da curva; ‘a’ é constante, tomada igual a 100; ‘d’ abertura de uma dada peneira (mm); ‘D’ diâmetro máximo, abertura em que passa 100% das frações; ‘n’ expoente indicador da graduação da curva granulométrica (nesta pesquisa  $n = 0,51$  para as curvas densas e  $n = 0,58$  para a curva semi-densa).

As curvas granulométricas utilizadas são apresentadas na Figura 1, tendo recebido as seguintes nomenclaturas: curva teórica densa (CT densa), curva teórica semidensa (CT semidensa) e curva teórica convencional (CT convencional), esta última proveniente de pesquisa realizada por Eing (2018) e tomada como referência no trabalho para a composição das misturas asfálticas usinadas a quente (CA).

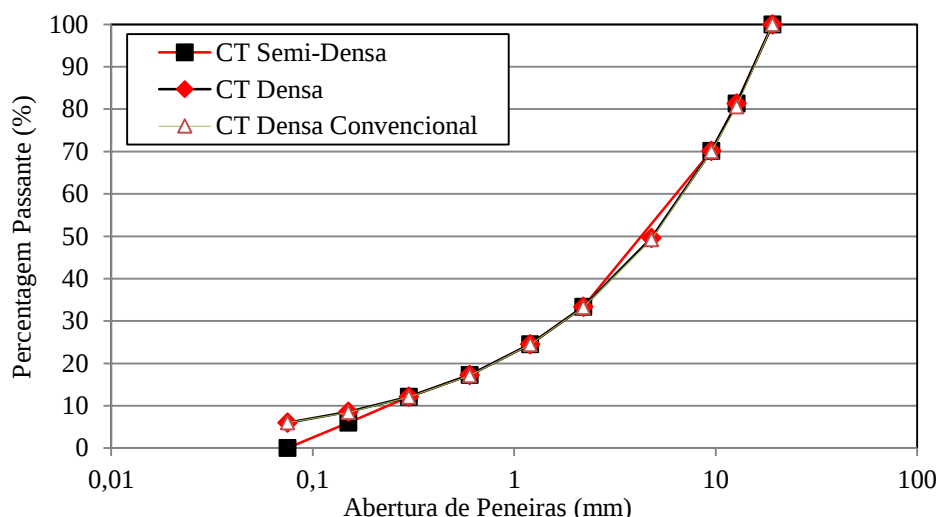


Figura 1 – Curvas granulométricas formuladas.

Fonte: Autoral

É importante esclarecer que as misturas CT convencional e CT densa foram formuladas com a mesma curva granulométrica, alterando apenas o tipo de ligante betuminoso utilizado na dosagem, sendo CAP 30/45 e emulsão asfáltica RL-1C, respectivamente. No caso da mistura CT semidensa, a curva granulométrica possui distinções, em relação à CT densa, a saber: brecha no intervalo de frações 2,2/9,5mm e 0% de finos passante na peneira de abertura 0,075mm e 6,0% na peneira 0,15mm.

O procedimento da metodologia Marshall foi adotado para o estudo da dosagem das misturas asfálticas a frio (DNER-ME 107/94), em razão de ser oficialmente homologado no Brasil pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), e também para permitir a comparação dos resultados obtidos pelas dosagens do PMF com os obtidos para a mistura convencional a quente tomada como referência.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O período de ruptura da emulsão asfáltica para as misturas estudadas foi definido pela análise visual da coloração das misturas, que evoluíram de marrom para preto, ao passo que a ruptura acontecia, fato que ocorreu em até 120h após a moldagem dos corpos de prova. A especificação de serviço DNIT-ES 153 (2010) estabelece os limites para o teor de vazios (%V), estabilidade mínima e fluência para as misturas a frio (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros de verificação das dosagens de misturas PMF.

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| Percentagem de Vazios (%) | 5 a 30          |
| Estabilidade mínima (kgf) | 250 (75 golpes) |
| Fluência (mm)             | 2,0 a 4,5       |

Fonte: DNIT-ES 153 (2010)

As Figuras 2 e 3 ilustram os resultados obtidos nos ensaios Marshall, em que os pontos em vermelho indicam os valores médios obtidos a cada caso.

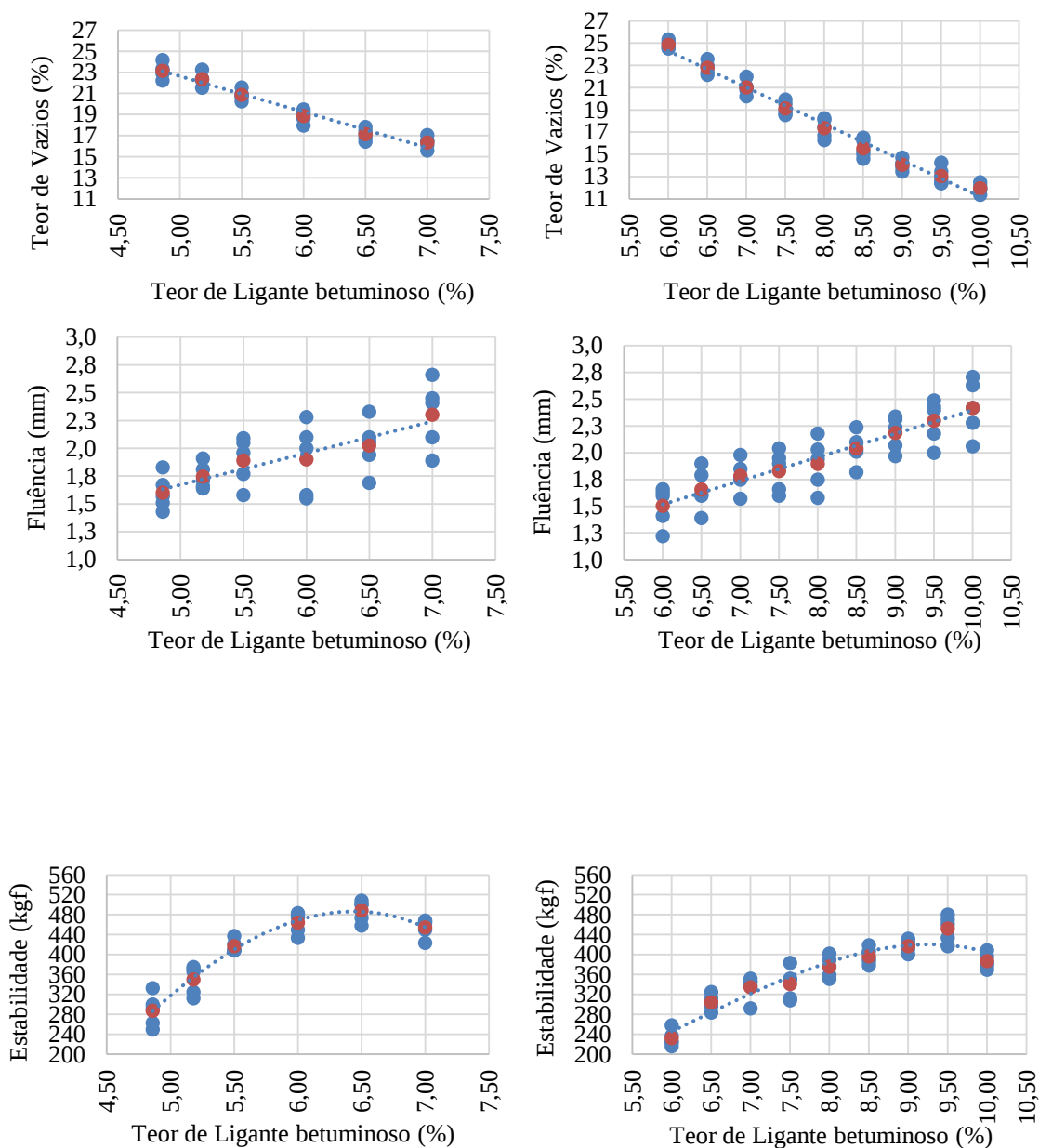


Figura 2 – Parâmetros de dosagem das misturas PMF CT semidensa (esquerda) e CT densa (direita).

Fonte: Autoral

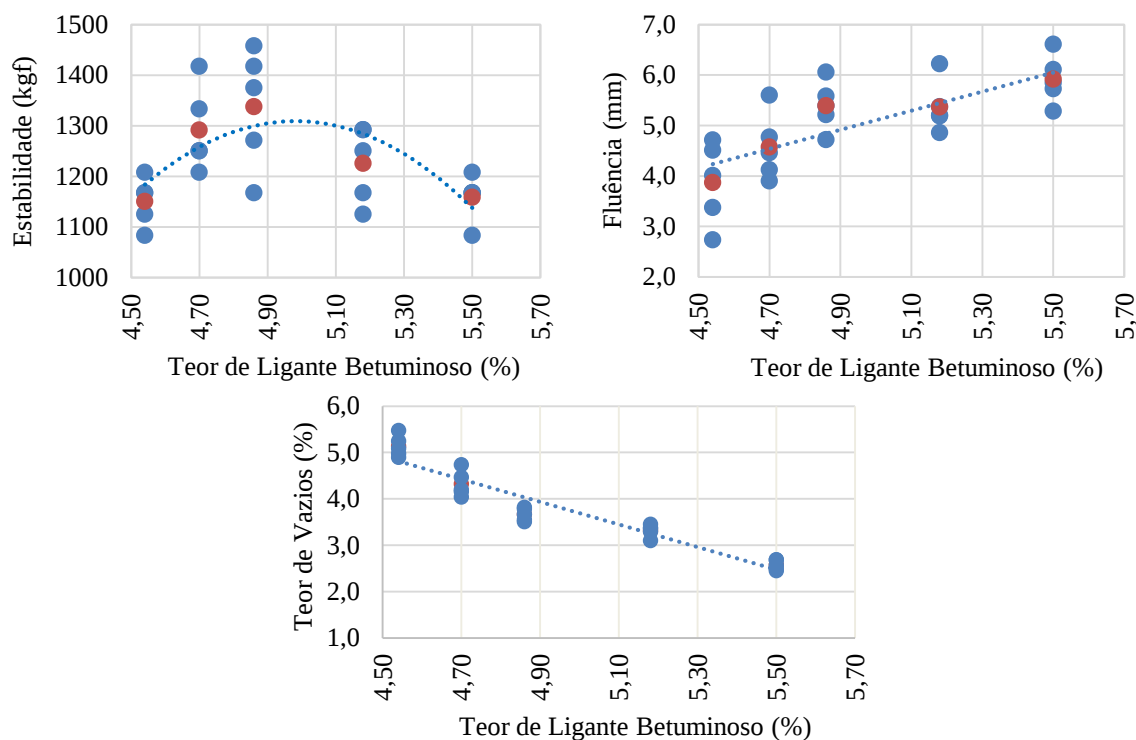


Figura 3 – Parâmetros de dosagem das misturas a quente CT convencional.

Fonte: Eing (2018)

A partir da análise dos gráficos das figuras 2 e 3, foram determinados os teores ótimos de ligante, o teor de vazios, a estabilidade e fluência Marshall para as misturas estudadas, e comparados com a mistura convencional de referência em CA. Os resultados estão resumidos na Tabela 5.

Tabela 5 – Compilação da média dos resultados obtidos nos ensaios Marshall.

| Parâmetros de Dosagem                | PMF          |          | CT Convencional<br>(Eing, 2018) |
|--------------------------------------|--------------|----------|---------------------------------|
|                                      | CT Semidensa | CT Densa |                                 |
| Estabilidade (kgf)                   | 500          | 450      | 1350                            |
| Fluência (mm)                        | 2,10 a 2,15  | 2,25     | 5,50                            |
| Teor de vazios (%)                   | 17,0 a 18,0  | 13,0     | 3,70                            |
| Teor ótimo de ligante betuminoso (%) | 6,50         | 9,50     | 4,86                            |

Fonte: Autoral

Com base na análise dos gráficos das Figuras 2 e 3, e na compilação dos resultados apresentados na Tabela 5, tem-se que os teores ótimos de ligante betuminoso para as misturas PMF CT semidensa e CT densa são 6,50% e 9,50%, respectivamente. Vale ressaltar que os teores foram definidos não somente pela

análise gráfica, mas também observando aspectos complementares como a trabalhabilidade no ato da mistura, integridade dos corpos de prova em relação à desagregação após o procedimento de desmoldagem e quantidade de ligante absorvida pelo papel-filtro após a compactação. Quanto à mistura a quente CT convencional, o teor de ligante definido por Eing (2018) foi de 4,86%.

Ainda, ao comparar os limites normativos da Tabela 4 com os dados da Figura 2, tem-se que os teores de 4,86% a 5,50% da mistura CT semidensa, apresentaram valores de fluência menores que o mínimo estabelecido por norma (DNIT-ES 153, 2010), e por esta razão foram desconsiderados como prováveis teores ótimos nas análises efetuadas.

Analisando os teores de vazios das misturas PMF, nota-se que nos primeiros teores de dosagem das misturas densas os valores são maiores, se comparado aos primeiros teores dosados para as misturas semidensas, pois em observações durante a pesquisa, verificou-se que a quantidade de emulsão utilizada inicialmente nas misturas densas foi insuficiente para promover o envolvimento completo dos granulares.

Portanto, os teores de vazios encontrados estão relacionados aos próprios vazios do granular mineral e não aos vazios resultantes da mistura asfáltica, devido o intertravamento das partículas ser mais proeminente que o efeito do envolvimento pela emulsão asfáltica, em razão dos baixos teores iniciais utilizados. A insuficiência de emulsão asfáltica nesses teores refletiu na trabalhabilidade da mistura, resultando em um aspecto “esfarelado”, e também nos resultados de fluência.

Ao aproximar-se dos teores ótimos de trabalho, a condição de vazios das misturas apresenta os valores esperados, ou seja, menores teores de vazios nas misturas densas e maiores nas misturas semidensas. Em geral, todos os teores de ligante betuminoso apresentaram teores de vazios dentro da faixa de trabalho preconizado na norma DNIT-ES 153 (2010), para ambas as misturas PMF (Tabelas 4 e 5).

De acordo com Santana (1992), ao apresentar limites classificatórios para os PMFs quanto ao teor de vazios, alerta que há grande evolução destes valores no decorrer da ruptura, estabelecendo o intervalo de 9,0% a 15,0%, para as misturas densas e de 15,0% a 22,0% para as semidensas, ou seja, os resultados obtidos nesta pesquisa compreendem também esta parametrização (Tabela 5).

Uma observação importante deve ser feita a respeito dos teores de vazios, que de acordo com os resultados obtidos apresentaram valores elevados, tanto nas misturas semidensas como nas densas, quando comparados aos valores da mistura convencional estudada por Eing (2018). Este fato se deve à natureza do ligante utilizado nesta pesquisa, a emulsão asfáltica, apresentar menor viscosidade que o ligante convencional (CAP). Por esta razão, há maior dificuldade no preenchimento dos vazios da composição granulométrica e, por consequência, há necessidade de maior aporte de teores de emulsão, a fim e que se propicie bom envolvimento dos granulares minerais no ato da mistura. Esta constatação fica evidente quando comparados os resultados das misturas densas, pois tanto o PMF quanto a de referência possuem a mesma distribuição granulométrica (Figura 1).

Além da viscosidade do ligante, o processo de ruptura da emulsão asfáltica influencia nos teores de vazios resultantes das misturas, uma vez que se dá pela evaporação da água presente em sua composição, no contato com a superfície do granular mineral. Neste contexto, foi observado durante esta pesquisa que houve perda de massa das amostras, em razão da evaporação da água, durante o período de 48h até 120h nos teores das misturas densas, o que contribuiu para o aumento dos vazios nas misturas PMF semidensas e densas.

Vale ressaltar que os altos teores de vazios obtidos não caracterizam as misturas PMF como drenantes, pois, não são significativos para que se estabeleça este tipo de classificação, em razão de estarem abaixo de 18%, conforme preconiza a norma DNER-ES 386 (1999).

Análise em vias pavimentadas com PMF denso utilizando emulsão asfáltica catiônica RL-1C concluíram que após a evaporação da água e com a compactação executada pelo tráfego de veículos, o teor de vazios diminuiu, atingindo valores próximos aos de misturas a quente (SANTOS, 2002).

Em relação aos resultados referentes à estabilidade e fluência, nas misturas PMF semidensas notou-se valores ligeiramente maiores que nas misturas PMF densas, comparando os mesmos teores de ligante. Este resultado é justificado, pois a ruptura por compressão diametral, como é o caso da metodologia Marshall, favorece misturas que possuam granulometria mais robusta em sua composição, ou seja, no processo de ruptura por compressão, as composições com maior predominância de granulares graúdos oferecem maior resistência à ruptura e menor deslocamento em relação à fluência.

Ainda, referente à estabilidade dos teores ótimos das misturas PMF, os resultados obtidos são da ordem de até três vezes menos aos determinados por Eing (2018) para a mistura a quente CA convencional, sendo que esta última apresenta teor de vazios em 3,7% e fluência 5,5 mm (Tabela 5), em razão da maior viscosidade do CAP 30/45 em relação à emulsão RL-1C (Tabelas 1 e 2).

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados da presente pesquisa comprovam e corroboram com as tendências já existentes sobre a utilização do PMF em obras de pavimentação asfáltica, ou seja, de acordo com os resultados obtidos, as misturas asfálticas a frio formuladas com emulsão asfáltica, em que pese atenderem às especificações normativas de trabalho do DNIT, nos teores ótimos, e poderem ser utilizadas como camadas de base e de revestimento em estruturas de pavimentos, possuem grande defasagem de resistência quando comparadas com as misturas a quente convencionais.

Nesta pesquisa, por exemplo, as misturas a frio obtiveram valores de estabilidade da ordem de três vezes menor quando comparados com a mistura a quente de referência.

Deve-se, portanto, em razão de todos os indicadores analisados neste trabalho, tomar precaução ao especificar misturas do tipo PMF para obras de pavimentação, devendo serem preferencialmente utilizadas em ocasiões de tráfego com pouco volume, aliado à intensidade minorada das cargas solicitantes.

## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 7809, **Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro**, 2006. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT NBR 14736, **Emulsões asfálticas – determinação do resíduo asfáltico por evaporação – método expedito**, 2007. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT NBR 14491, **Emulsões asfálticas - Determinação da viscosidade Saybolt Furol**, 2007. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT NBR 14393. **Emulsões asfálticas - Determinação da peneiração**, 2006. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 6570, **Ligantes asfálticos - Determinação da sedimentação e estabilidade à estocagem de emulsões asfálticas**, 2016. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 6567, **Ligantes asfálticos - Emulsões asfálticas - Determinação da carga de partícula**, 2015. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 6297, **Emulsão asfáltica de ruptura lenta - Determinação da ruptura - Método da mistura com cimento**, 2012. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BERNUCCI, L. L. B., CERATTI, J. A. P, MOTTA, L. M. G. da, SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3ª. ed., 504 p. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2010.

CNT, **Anuário CNT dos Transportes: Estatísticas consolidadas – 2019**. Confederação Nacional dos Transportes. Brasília, DF. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2019/>. Acesso em setembro de 2020.

DNER-ME 35/98, **Agregado – determinação da Abrasão “Los Angeles”**, 1998. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

DNER-ME 54/97, **Equivalente de areia**, 1997. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

DNER-ME 78/94, **Agregado graúdo - adesividade a ligante betuminoso**, 1994. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

DNER-ME 89/94, **Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio**, 1994. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

DNER-ME 81/98, **Agregados – determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo**, 1998. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

DNER-ES 386/99, **Pavimentação - pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito**, 1999. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

DNER-ME 107/94, **Misturas betuminosas a frio com emulsão asfáltica – ensaio Marshall**, 1994. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

DNIT-ES 153/2010. **Pavimentação asfáltica - Pré misturado a frio com emulsão catiônica convencional**, 2010. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

EING, M. A., **Análise da incorporação de cinza volante e pesada em dosagens de misturas asfálticas densas**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura da Universidade Federal de Santa Catarina. 71 p., 2018. Joinville, SC.

GUIMARÃES, A. C. R.; LOURES, R. de C. B. A., **Utilização de misturas asfálticas usinadas à frio**. In: XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, Ouro Preto, MG. Anais... pp. 1-10, 2015, Rio de Janeiro, RJ.

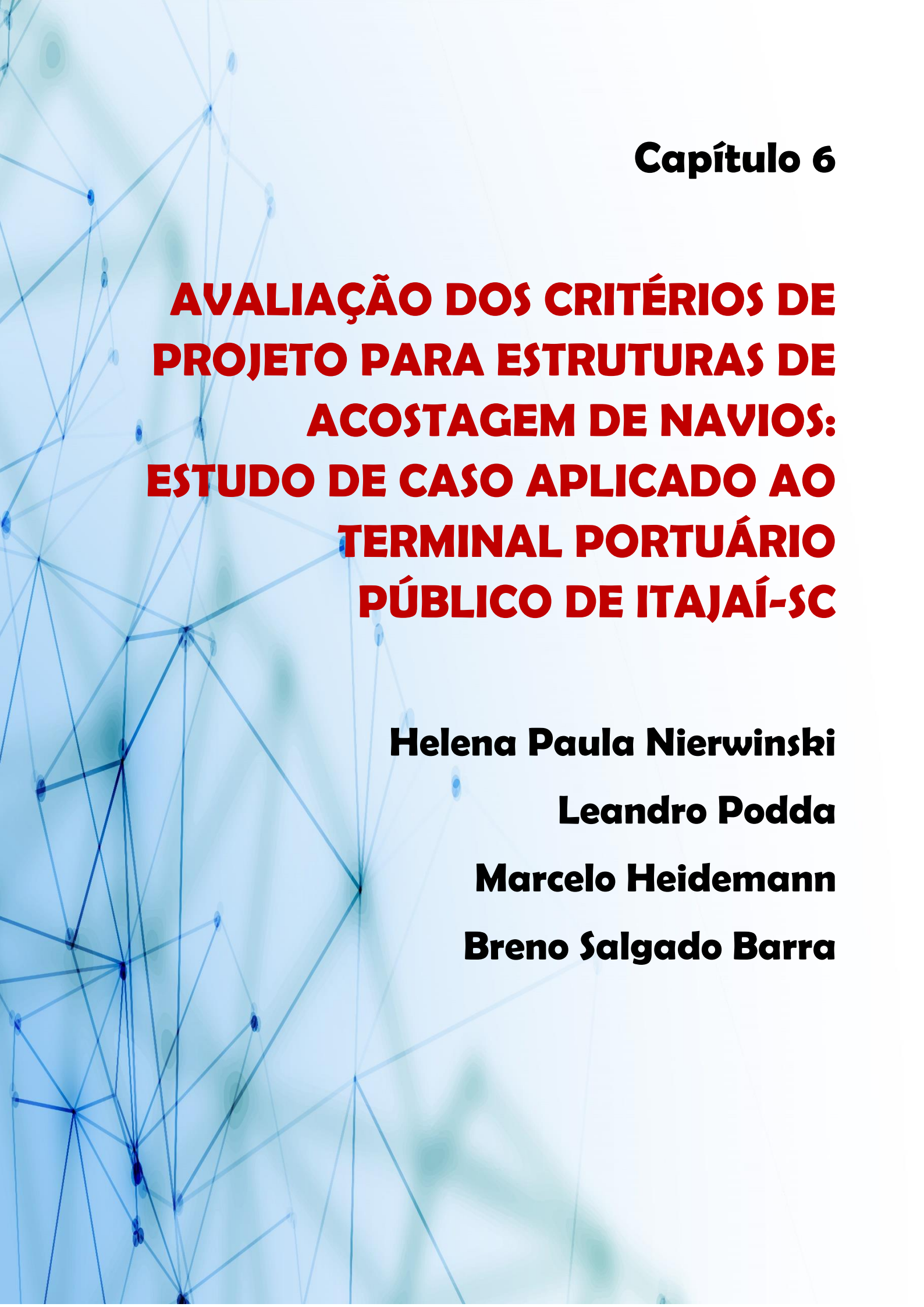
MEURER, P., **Caracterização de Materiais Rochosos do Norte de Santa Catarina para fins de Aplicação em Obras de Pavimentação**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 92 p., 2015, Joinville/SC.

SANTANA, H., **Manual de pré-misturado a frio**. Instituto Brasileiro de Petróleo - Comissão de asfalto. 298 p., 1992. Rio de Janeiro, RJ.

SANTOS, M. A. dos, **Avaliação do comportamento mecânico de misturas betuminosas a frio via ensaios de laboratórios**. Dissertação de Mestrado PPGECC da Universidade Federal de Viçosa (UFV). 84 p., 2002, Viçosa, MG.

SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: PINI, 2001. v. 2.

SIROMA, R. S. **Avaliação da deformação permanente em misturas asfálticas densas formuladas com areia descartada de fundição (ADF)**. Dissertação de Mestrado Pós-ECM Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 196 p, 2018, Joinville, SC.



## **Capítulo 6**

# **AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PROJETO PARA ESTRUTURAS DE ACOSTAGEM DE NAVIOS: ESTUDO DE CASO APLICADO AO TERMINAL PORTUÁRIO PÚBLICO DE ITAJAÍ-SC**

**Helena Paula Nierwinski**

**Leandro Podda**

**Marcelo Heidemann**

**Breno Salgado Barra**

## **AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE PROJETO PARA ESTRUTURAS DE ACOSTAGEM DE NAVIOS: ESTUDO DE CASO APLICADO AO TERMINAL PORTUÁRIO PÚBLICO DE ITAJAÍ-SC**

**Helena Paula Nierwinski, Dra.**

Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharias da Mobilidade, curso de Eng. Civil de Infraestrutura, [helena.paula@ufsc.br](mailto:helena.paula@ufsc.br)

**Leandro Podda, Eng.**

Engenheiro Civil, de Infraestrutura formado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharias da Mobilidade, [lepodda.engenharia@gmail.com](mailto:lepodda.engenharia@gmail.com)

**Marcelo Heidemann, Dr.**

Professor adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharias da Mobilidade, curso de Eng. Civil de Infraestrutura, [marcelo.heidemann@ufsc.br](mailto:marcelo.heidemann@ufsc.br)

**Breno Salgado Barra, PhD.**

PhD., Professor associado da Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharias da Mobilidade, curso de Eng. Civil de Infraestrutura, [breno.barra@ufsc.br](mailto:breno.barra@ufsc.br)

### **RESUMO**

O complexo portuário de Itajaí está estrategicamente localizado em um dos principais entroncamentos rodoviários do Sul do Brasil, próximo a grandes rodovias como a BR-101 e BR-470. Sua posição geográfica coloca o Complexo no centro da Região Sul, englobando em um raio de 600 quilômetros, as capitais de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, tornando a região que movimenta aproximadamente 46% do PIB nacional. Tais características transformam o Complexo em um centro concentrador e distribuidor de cargas, favorecendo o Porto de Itajaí como um dos maiores portos de movimentação de contêineres do Brasil. Buscou-se neste trabalho avaliar os critérios de projeto utilizados para as estruturas de atracação, esforços de amarração e esforços nas defensas gerados pelas embarcações de projeto utilizadas

no dimensionamento da reconstrução dos Berços 3 e 4 do Terminal Portuário Público de Itajaí – SC. Avalia-se neste trabalho o fator meio ambiente, amarração e atracação conforme a norma ABNT NBR 9782 (1987) de ambos os berços, considerando também recomendações nacionais de obras portuárias. Os resultados obtidos foram comparados com aqueles efetivamente utilizados no projeto da estrutura e, com base nos resultados, verificou-se que o esforço de atracação foi 14% superior para a embarcação menor e 43,35% inferior para embarcação maior. Quanto aos esforços de amarração a norma brasileira foi mais conservadora comparada aos resultados dos memorias de cálculo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Obras portuárias, Parâmetros de projeto, Esforços de amarração, Estruturas de atracação.

## **ABSTRACT**

Itajaí Port complex is strategically located between the main roads of the south of Brazil, close to the major highways such as BR 101 and BR 470. Its geographic position places the complex in the center of the southern region, encompassing a radius of 600 kilometers of the capitals Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná and São Paulo, a region that generates approximately 46% of the Brazilian GDP. These characteristics allows the complex to become a freight hub and distributor, favoring the Port of Itajaí as one of the largest ports of container shipping in Brazil. The objective of this work was to evaluate the criteria of the docking structure project for the docking structures, mooring efforts and berthing in the group generated by the design vessels used in the dimensioning of the reconstruction of Cribs 3 and 4 of the terminal public port of Itajaí-SC. This final paper evaluates environmental factors, mooring, berthing and the land according to the norm NBR 9782:1987, for the structures as cribs considering as well national recommendations for port works. The results obtained were compared with those used in the design of the structure and, based on the results, it was found that the mooring effort was 14% higher for the smaller vessel and 43.35% lower for larger vessel. As for the mooring efforts the Brazilian standard was more conservative compared to the results of the calculation reports.

**KEYWORDS:** Harbor constructions, Project Parameters, Efforts of Mooring, Structures Berthing.

## **1. INTRODUÇÃO**

O Sistema Portuário Brasileiro, um dos mais tradicionais segmentos da economia nacional, tem origem nos primórdios da colonização do país, dado que o transporte aquaviário era utilizado para comercializar mercadorias entre a colônia e Portugal, conforme dados históricos da Secretaria Nacional de Portos (BRASIL, 2018).

O Complexo Portuário de Itajaí é hoje a principal opção para os exportadores e importadores que operam em Santa Catarina e um dos principais complexos portuários do Brasil.

Para Comin (2015) a engenharia de estruturas portuárias engloba o planejamento, projeto e construção de estruturas fixas ancoradas ou flutuantes ao longo de costas oceânicas e de grandes rios e lagos, além das obras da categoria offshore. Comin (2015) menciona que a elaboração de um projeto de estrutura portuária necessita de estudos e dados técnicos para o seu devido desenvolvimento, dependendo basicamente de três características: (i) o tipo de carga a ser movimentada; (ii) os tipos de embarcações e (iii) as condições ambientais locais. Para o desenvolvimento de projetos de instalações portuárias devem ser considerados diversos fatores, além de cuidadosos requisitos operacionais, funcionais e de navegação, sempre se atentando para as verificações ambientais envolvidas e as resoluções estabelecidas pelos órgãos reguladores para as operações que serão realizadas.

Um dos primeiros itens a serem considerados no projeto de uma instalação portuária são os esforços gerados pelo impacto dos navios contra as mesmas e, a respectiva transferência da energia cinética do navio para as estruturas de defesa, devidamente instaladas na face de contato do cais com o navio. Da equivalência entre a energia cinética de impacto dos navios e a energia de deformação, considerando as diversas perdas e outros fatores que influem no processo, podem-se deduzir as forças de impacto para efeitos de dimensionamento das obras e defensas (MASON, 1982). Consequentemente, após a etapa de atracação é necessária uma análise dos esforços de fixação e amarração que serão aplicados nas estruturas portuárias, levando em consideração os fatores ambientais e de carregamento/descarregamento dos navios.

Neste contexto, o presente trabalho busca realizar um levantamento das considerações de projeto para estruturas de defesa e amarração na acostagem de navios, adotados na reconstrução dos berços 3 e 4 do Porto Público de Itajaí – SC. As avaliações são realizadas com base em recomendações da norma brasileira NBR 9782:1987, e comparar os resultados com dados efetivos de projeto que, em muitos casos, seguiram recomendações internacionais de dimensionamento de estruturas portuárias.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item serão abordados aspectos relacionados a ações atuantes sobre obras portuárias. No Brasil a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas através da NBR 9782 (1987) – Ações em estruturas portuárias, marítimas ou fluviais, fixa os valores representativos das ações que devem ser consideradas no projeto de estruturas que envolvam um de seus temas. Embora esta norma esteja cancelada, os critérios apresentados por ela serão discutidos neste trabalho para fins de entendimento e análises e por não existir nenhuma outra legislação nacional em substituição a esta. As diretrizes indicadas pela ABNT NBR 9782 (1987) se aplicam às estruturas de abrigo ou acostagem de navios, nas quais são consideradas as ações provenientes de: a) cargas permanentes; b) sobrecargas verticais; c) cargas móveis; d) meio ambiente; e) atracação; f) amarração; e, g) terreno.

Tendo em vista que os estudos na área estrutural sejam difundidos e amplamente conhecidos, neste trabalho não serão abordados os tópicos referentes às cargas permanentes, sobrecargas verticais e cargas móveis aplicadas nas estruturas de concreto. O desenvolvimento deste trabalho será embasado nos itens relacionados ao meio ambiente e ações provenientes da atracação e amarração, cuja determinação envolve a análise de diversos fatores relacionados ao porto, além de constituírem pontos de maiores dúvidas no momento do desenvolvimento de projetos de obras portuárias.

### 2.1. Ações ambientais

Pela ABNT NBR 9782 (1987) entendem-se como ações ambientais sobre as estruturas portuárias, marítimas e fluviais, aquelas que são decorrentes das ações das correntes, das marés, das ondas e dos ventos. O valor a ser adotado para a velocidade da corrente fluvial ou marítima, altura de maré e dados de ondas em projetos de estruturas portuárias deve preferencialmente ser aquele obtido através de medições no local da implantação da estrutura portuária.

O período de recorrência dos níveis de água e altura da onda de projeto não pode ser menor que o da expectativa da vida útil da obra, sendo no mínimo de 50 anos. Para o projeto definitivo de obras portuárias expostas à ação de ondas deve-se, sempre que possível, confirmar o efeito das ações por meio de testes em modelo reduzido, com ondas irregulares e/ou regulares, realizados em laboratório idôneo e laudos finais dos ensaios realizados.

## 2.2. Ações de atracação

De acordo com a ABNT NBR 9782 (1987), as ações de atracação são as decorrentes dos impactos das embarcações sobre as estruturas de acostagem de embarcações. A energia de atracação trata-se da energia cinética característica ( $E_c$ ) transmitida pelo navio durante a atracação, e que deve ser considerada no dimensionamento das estruturas e defensas. Esta energia é determinada pela Equação 1:

$$E_c = \frac{1}{2} \times (M_1 + M_2) \times V^2 \times C_e \times C_r \quad (1)$$

Onde:  $E_c$ = Energia característica nominal;  $M_1$ = Massa deslocada pelo navio;  $M_2$ = Massa de água adicional;  $V$ = Velocidade de aproximação;  $C_e$ = Coeficiente de excentricidade;  $C_r$ = Coeficiente de rigidez.

De acordo com a ABNT NBR 9782 (1987), para a definição dos esforços de atracação devem ser adotados também coeficientes de ponderação, que majoram os valores representativos das ações variáveis, que provoquem efeitos desfavoráveis para a segurança da estrutura, nos esforços perpendiculares às estruturas. No caso de esforços paralelos à estrutura de atracação, novos esforços poderão ser verificados, em função do atrito entre o navio e o sistema de defensas, sendo que o esforço dependerá do material que comporá as defensas. O valor de  $E_c$  ao ser majorado dará origem à energia de projeto ( $E_d$ ).

De acordo com a ABNT NBR 9782 (1987), para absorver a energia de atracação dos navios, as estruturas de acostagem devem ser equipadas com um sistema de defesa que atenda aos seguintes requisitos mínimos de absorção da energia aplicada pelos navios.

## 2.3. Esforços de Amarração

As ações de amarração são as decorrentes dos esforços exercidos pelos cabos de amarração das embarcações nos cabeços ou outros dispositivos de amarração a partir das forças atuantes sobre os navios ou embarcações pela ação dos ventos e correntes.

A norma NBR 9782 (1987) estabelece a fórmula para o cálculo do esforço devido aos ventos sobre um navio (Equação 2):

$$R = k \frac{V^2}{1600} (A_T \cos^2 \theta + A_L \sin^2 \theta) \quad (2)$$

Onde:  $R$  = Força devida ao vento em kN;  $V$  = Velocidade característica do vento em m/s;  $k$  = Coeficiente de forma (adimensional);  $A_T$  = Área da seção transversal do navio acima do nível d'água em m<sup>2</sup>;  $A_L$  = Área da seção longitudinal do navio acima do nível d'água em m<sup>2</sup>;  $\theta$  = Ângulo formado pela direção do vento com eixo longitudinal do navio.

A ABNT NBR 9782 (1987) estabelece que para velocidades de vento que provoquem pressões superiores a 1 kN/m<sup>2</sup> não devem ser consideradas, porém não cita os motivos pelos quais esse valor deve ser desconsiderado nos cálculos.

Conforme a norma ABNT NBR 9782 (1987), o esforço devido às correntes sobre um navio pode ser calculado pela Equação 3:

$$R = 0,528 \cdot V^2 \cdot L \cdot D \cdot k \quad (3)$$

Onde:  $R$  = Valor do esforço na direção da corrente, em kN;  $k$  = Coeficiente de forma para ação do vento (adimensional);  $V$  = Velocidade da corrente, em m/s;  $L$  = Comprimento do navio entre perpendiculares, em m;  $D$  = Calado da embarcação, em m.

Os dispositivos de amarração devem ser dimensionados a partir dos esforços exercidos sobre os navios ou embarcações pela ação dos ventos e correntes ou outras ações possíveis ou importantes no caso (ABNT, 1987). Esta avaliação deve ser feita por meio de critérios estáticos, empregando-se fórmulas da aerodinâmica no caso da ação dos ventos e da hidrodinâmica, no caso da ação das correntes. Podem ser empregados, também, resultados de ensaios em modelos reduzidos realizados por laboratórios idôneos.

Para a determinação dos esforços nos cabeços e dispositivos de amarração devem ser verificadas as combinações mais desfavoráveis das ações de ventos e correntes ou outras causas, caso existam, bem como, a disposição de linhas de amarração, incluindo os cabos lançantes, través e espringues na região de atracação.

### 3. METODOLOGIA

Este item as informações referentes ao Porto Público de Itajaí – SC, local de estudo deste trabalho, e em seguida, apresenta-se a metodologia utilizada para a realização das análises.

### 3.1. Local de estudo

O terminal Portuário de Itajaí está localizado a uma latitude  $26^{\circ}54'04''$  S e longitude  $48^{\circ}40'06''$  W. Sua área de influência, além de abranger o estado de Santa Catarina, é referência para algumas regiões produtoras dos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Rio Grande do Sul (ALBERTIN, 2011). Na Figura 1 verifica-se a localização do Porto de Itajaí. O Porto de Itajaí possui como infraestrutura de acostagem quatro berços e um Píer Turístico. O Porto de Itajaí possui quatro berços de atracação, dois são arrendados e dois são públicos.



Figura 1 – Localização do Porto de Itajaí-SC  
Fonte: Autoridade Portuária

Os berços 3 e 4 compõem o cais público, onde podem operar todos os operadores portuários credenciados junto ao Porto de Itajaí e estes serão objeto de estudo do presente trabalho. O berço 3 possui 248 metros de comprimento. Já o berço 4 possui 215 metros de comprimento. Anteriormente os berços 3 e 4, formavam uma frente de atracação triangular, e dessa forma, impossibilitava a atração de navios de grande porte. Com as obras de reestruturação, ambos os berços foram reforçados e realinhados.

### 3.2. Metodologia de pesquisa

A metodologia de análise adotada é descrita nos itens a seguir e apresentada, para melhor entendimento, no fluxograma da Figura 2. Inicialmente buscou-se o maior número de informações referentes ao Porto de Itajaí. No desenvolvimento do trabalho, verificou-se também a necessidade da realização de visitas técnicas ao Porto, sendo

realizadas 3 visitas durante o período de estudos. Durante estas visitas, projetos e memoriais de cálculo das obras avaliadas foram disponibilizados pelos responsáveis de engenharia da Superintendência do Porto de Itajaí.

Os dados de movimentação das embarcações e praticagem foram fornecidos em visita a sede da empresa responsável pelo serviço de entrada e saída de embarcações do Complexo do Portuário de Itajaí. Informações de temperatura, pluviometria e ventos foram obtidos através do EPAGRI/CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina.

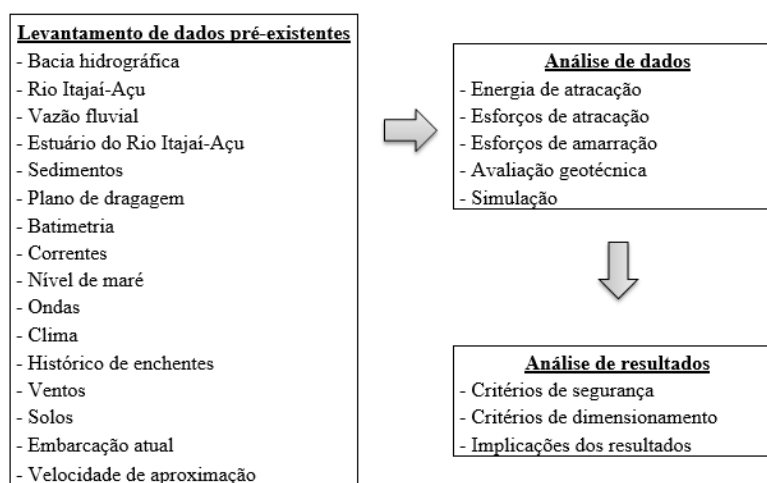


Figura 2 – Fluxograma de organização da pesquisa  
Fonte: Autoral

Para uma melhor avaliação dos ventos atuantes na área do Porto, foi elaborada uma rosa dos ventos com auxílio do software *WRPLOT View® – Lakes Environmental*, simulando-se os ventos registrados para o período da pesquisa. Destaca-se que para a elaboração da rosa dos ventos, os dados fornecidos pelo EPAGRI/CIRAM não foram suficientes, sendo necessário a obtenção de dados através do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia para períodos de vento de hora em hora diários para o local.

Os dados batimétricos puderam ser analisados com base em dados fornecidos pela Marinha do Brasil - Delegacia da Capitania dos Portos em Itajaí.

A avaliação quanto aos esforços foi baseada nos dimensionamentos realizados para a reconstrução do Porto Público de Itajaí, conforme memoriais de cálculo, que foram obtidos durante as visitas ao local. Neste trabalho os dados de energia, esforços de atracação, esforços de amarração e dimensionamento de estruturas foram realizados com base na norma brasileira ABNT NBR 9782 (1987). Os resultados

obtidos foram comparados com os valores apresentados através dos memoriais de cálculo das obras, os quais se basearam em normativas internacionais como a metodologia da *The World Association for Waterborne Transport Infrastructure* – PIANC e a *British Ship Research Association* – BRSA.

Por fim, por questões visuais de entendimento, simulações foram realizadas com a utilização do software *Infraworks* 2018 da empresa Autodesk®, utilizando os valores obtidos através dos cálculos através das diretrizes da ABNT NBR 9782 (1987). O programa online disponível pela empresa *Trelleborg* também foi utilizado para simulações, permitindo verificar as defensas e cabeços necessários para resistir aos esforços das embarcações.

#### 4. RESULTADOS

Realizando-se um levantamento das informações referentes à bacia hidrográfica do Rio Itajaí verificou-se que o rio possui uma descarga média de aproximadamente 228 m<sup>3</sup>/s, sendo que em períodos de estiagem a 17 m<sup>3</sup>/s (SCHETTINI, 2002). A máxima vazão evidenciada para a região foi de 5,5 mil m<sup>3</sup>/s em períodos de grandes chuvas. Os aspectos sedimentológicos de fundo durante períodos de baixa descarga fluvial são dominados por siltes e argilas, podendo ocorrer entrada de areia fina, em períodos de baixa vazão.

De acordo com dados de batimetria, verificou-se que para os locais dos Berços 3 e 4 do Porto de Itajaí as profundidades atingem a marca de -14,0 metros. A máxima velocidade média de corrente observada no canal do Rio Itajaí-Açu, é de 0,42 m/s na desembocadura, 0,35 m/s na bacia de evolução e 0,55 m/s no meandro situado a montante da bacia de evolução. Do relatório elaborado pelo Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar – CTTMAR de monitoramento ambiental do estuário do rio Itajaí-Açu do Porto de Itajaí, verificou-se que em novembro de 2018 (período de maior registro de chuvas) a velocidade de corrente atingiu o valor de 0,93 m/s.

De acordo com Truccolo *et al.* (2000), o regime de vento da região é caracterizado por ventos provenientes do quadrante nordeste durante todo o ano, combinado localmente com o efeito das brisas marinha. Os ventos são influenciados por ciclones extratropicais que são mais intensos durante o inverno e primavera, modificando o padrão do vento local, uma vez que, no inverno e primavera existe ocorrência de ventos oriundos do quadrante sul, responsáveis pela entrada de frentes frias na região. Os ventos apresentam velocidade média mensal entre 1,7 m/s (junho)

a 2,32 m/s (novembro). Em todos os meses há, em média, calmaria durante 14 dias. Os ventos dos quadrantes norte e leste, quando fortes, costumam tornar a barra impraticável. Com intuito de comparação foi realizado um levantamento com base nos dados fornecidos pelo INMET para o período. Com o auxílio do software WRPLOT View® – Lakes Environmental foi realizado a simulação dos ventos registrados para o período, conforme Figura 3.

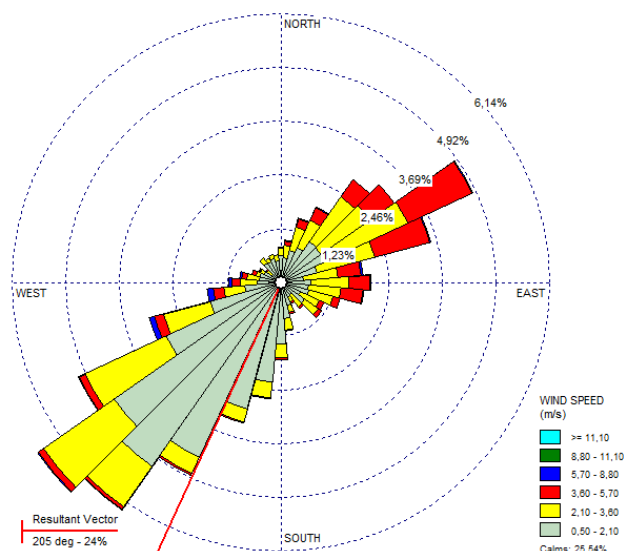


Figura 3 – Rosa dos ventos para o período de 2018 a 2019 – Porto de Itajaí  
Fonte: Autoral

O valor médio de rajada de vento para o local de estudo foi de 47 km/h (13 m/s) de acordo com o estudo de impacto ambiental elaborado pelo Laboratório de Climatologia a pedido da SEP / PR – Secretaria de Portos da Presidência da República e Superintendência do Porto de Itajaí.

Para definir a embarcação de projeto foram levantados dados a partir dos relatórios estatísticos mensais cedidos pela Superintendência do Porto de Itajaí e pelo monitoramento online realizado pela empresa responsável pelo serviço de praticagem das embarcações no Complexo Portuário de Itajaí. Sendo assim, a embarcação de menor porte adotada para o dimensionamento foi a embarcação Full Container Post Panamax com 70.000 toneladas de peso bruto (TPB) e a de maior porte foi a embarcação MSC Clorinda 166.000 TPB. A velocidade de atracação verificada para o Complexo Portuário de Itajaí é de aproximadamente  $V_B = 0,12 \text{ m/s}$ , conforme relatos da empresa de praticagem.

Para definição da energia de atracação de ambas as embarcações, utilizou-se a metodologia proposta pela ABNT NBR 9782 (1987), bem como os coeficientes de ponderação ditados pela mesma. Tais valores foram comparados com os valores apresentados pelo memorial de cálculo da obra, que se baseou na metodologia PIANC. Da mesma forma, os esforços de amarração foram calculados com base nas diretrizes da ABNT NBR 9782 (1987) e posteriormente comparados com os valores apresentados pelo memorial de cálculo da obra, que se baseou na metodologia BRSA. A Tabela 1 indica o comparativo entre os resultados encontrados.

Tabela 1 – Comparativo entre esforços calculados pela NBR 9782 e apresentados no memorial da obra

| Esforço   | Embarcação   | Cálculo NBR 9782            | Memorial Projeto          |
|-----------|--------------|-----------------------------|---------------------------|
| Atracação | Post Panamax | $E_d = 63,02 \text{ tf.m}$  | $E_d = 55,5 \text{ tf.m}$ |
|           | MSC Clorinda | $E_d = 111,53 \text{ tf.m}$ | $E_d = 160 \text{ tf.m}$  |
| Amarração | Post Panamax | Lastro* = 224,82 tf         | 98,1 tf                   |
|           |              | Carregado* = 427,32         |                           |
|           | MSC Clorinda | Lastro* = 499,72 tf         | 283,1 tf                  |
|           |              | Carregado* = 647,36         |                           |

\* NBR 9782 considera combinação de ações de vento e correntes no cálculo de esforços de amarração e os valores apresentados correspondem a ventos de rajada (condição crítica)

Fonte: Autoral

Considerando os esforços de atracação, verifica-se que os cálculos baseados na norma brasileira demonstraram que a embarcação Post Panamax apresenta energia de atracação superior ao calculado nos memoriais de cálculo, totalizando uma diferença de 14% no valor de projeto. Para a embarcação MSC Clorinda verifica-se que a energia de atracação é 43,35% inferior a realizada pelo cálculo da PIANC nos memoriais de cálculo.

Já para os esforços de amarração, verifica-se uma divergência expressiva entre os valores encontrados seguindo-se as diretrizes da norma brasileira e os dados fornecidos pelo memorial de cálculo da obra, baseados na metodologia BRSA. Comparando o resultado da embarcação Post Panamax pela metodologia brasileira, verifica-se uma diferença 4,35 vezes superior aos valores obtidos pela BSRA, para a

embarcação carregada. A norma brasileira ainda considera necessária a consideração de efeitos mínimos de correnteza, que majoram ainda mais os esforços. Comin (2015) realizou um estudo comparando valores de esforços obtidos entre diferentes normas e constatou que a norma brasileira é mais conservadora e apresenta valores superiores quando analisada com metodologias de cálculos estrangeiras, corroborando com os resultados do presente estudo. Entretanto, verificou-se que no memorial de cálculo do projeto a maior embarcação não foi considerada totalmente carregada, supondo que a estrutura do porto não teria condições para receber a embarcação nestas condições, o que pode ter contribuído com as altas divergências observadas entre os valores dos esforços.

Considerando-se os esforços de atracação calculados pela norma brasileira, verificou-se que o sistema de defesa poderia ser um pouco inferior ao definido pelo projeto, sendo possível adotar defensas do tipo *Hyper Omega* 1150h ou invés da *Trelleborg SCN* 1600, que foi implantada na obra. Em relação aos cabeços para suportar os esforços de amarração, de acordo com os valores obtidos por meio do cálculo baseado na norma brasileira, os mesmos teriam que ser substituídos por elementos com maior capacidade de suporte.

A Figura 4-a demonstra os resultados obtidos na simulação realizada com o auxílio do software *Infraworks*, em simulação de máxima ocupação da área do porto. Já as Figuras 4-b e 4-c apresentam a simulação para as embarcações de projeto através do programa disponibilizado pela empresa *Trelleborg*, sendo possível visualizar as defensas e cabeços a serem utilizados na estrutura do cais.

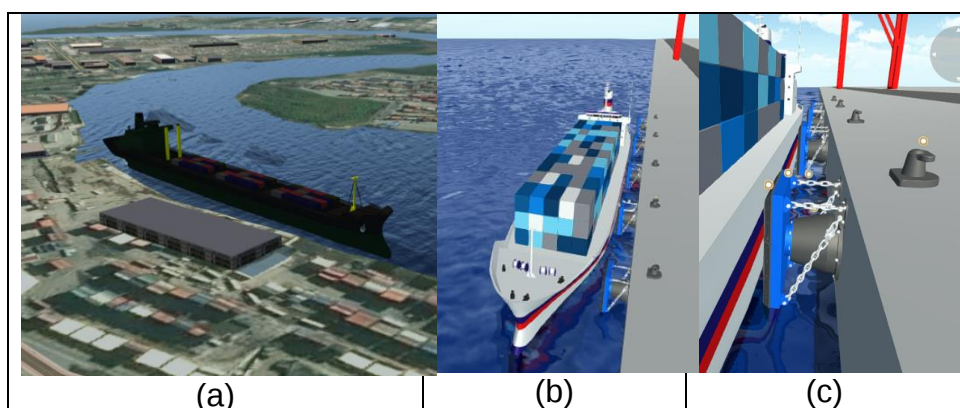


Figura 4 – Simulação através dos softwares *Infraworks* (a) e da empresa *Trelleborg* (b e c)

Fonte: Autoral

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou o levantamento de informações referentes às ações ambientais e operacionais atuantes sobre o Porto de Itajaí, permitindo o cálculo de esforços de atracação e amarração das menores e maiores embarcações. Verificou-se que os resultados encontrados por meio das diretrizes da ABNT NBR 9782 (1987) levaram a um valor de esforço de atracação 14% superior para a maior embarcação e 43,35% inferior para a embarcação menor, quando comparado aos valores do memorial de cálculo das estruturas, baseados em normas internacionais. Já os esforços quanto aos esforços de amarração, a norma brasileira foi muito mais conservadora comparada aos resultados dos memoriais de cálculo. Como apresentado no documento, normas internacionais tem sido rotineiramente adotadas nos projetos de obras portuárias.

## REFERÊNCIAS

ALBERTIN, C. C. **Porto de Itajaí - SC**. Piracicaba: Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial Esalq-log, 2011. Disponível em: [esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2015/05/Porto-de-Itajai-SC-ALBERTIN-C.-C.pdf](http://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2015/05/Porto-de-Itajai-SC-ALBERTIN-C.-C.pdf). Acesso em: 01 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9782: Ações em Estruturas Portuárias, Marítimas ou Fluviais**. Rio de Janeiro, 1987. Indisponível em: <<http://www.abnt.org.br/pesquisas/?searchword=9782&x=0&y=0>>. Acesso em: 19 set. 2018.

BRASIL. **Assessoria de Comunicação Social. Secretaria Nacional de Portos. Histórico 2018**. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/sobre-1/institucional/base-juridica-da-estrutura-organizacional/historico>>. Acesso em: 17 set. 2018.

COMIN, C. **Estruturas Portuárias - Distribuição de Esforços na Infraestrutura devidos à Amarração e Atracação de Embarcações**. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015. Disponível em: [www.ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2015/cristiano.pdf](http://www.ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2015/cristiano.pdf). Acesso em: 16 set. 2018.

MASON, Jayme. **Obras Portuárias**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus Ltda. - Portobrás, 1982.

SCHETTINI, Carlos Augusto França. **Dinâmica de sedimentos finos no estuário do Rio Itajaí-Açu**. 2001. 1 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências, Ufrgs - Programa de Pós-graduação em Geociências, Porto Alegre, 2001.

TRUCCOLO, E. C.; SCHETTINI, C. A. F.; GERHARDINGER, L. C.; FERREIRA e OLIVEIRA, F. M. **Evidências da circulação induzida pela meteorologia no estuário do rio Itajaí-açu**. In: Semana Nacional de Oceanografia, 13, Anais, UNIVALI, 448-450. 2000.



## **Capítulo 7**

# **O METRÔ DE SÃO PAULO COMO AGENTE DE ACESSO À EDUCAÇÃO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO EM UNIVERSIDADES PRIVADAS**

**Diamantino Augusto Sardinha Neto**

**Fábio Gonçalves Cavalcante**

# O METRÔ DE SÃO PAULO COMO AGENTE DE ACESSO À EDUCAÇÃO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO EM UNIVERSIDADES PRIVADAS

**Prof. Dr. Diamantino Augusto Sardinha Neto**

Doutor em Ciências Sociais na Pontifícia Universidade Católica - PUC-SP em 2012.

Professor Titular da graduação e MBA na Anhanguera Educacional. Pesquisador visitante no IST (Instituto Superior Técnico) da Universidade de Lisboa. Pesquisador

do Observatório das Metrôpoles - núcleo São Paulo. Assessor Executivo da Gerência Geral de Operação na Companhia Paulista de Trens Metropolitanos -

CPTM. [diamantino.neto@cptm.sp.gov.br](mailto:diamantino.neto@cptm.sp.gov.br)

**Eng. MSc. Fábio Gonçalves Cavalcante**

Engenheiro Mecânico especializado em cálculo estrutural e ferrovia, mestre em engenharia mecânica, materiais e processos com ênfase em mecânica da fratura pela Fundação Inaciana Pe. Sabóia de Medeiros - FEI. Supervisor de Engenharia de

Material Rodante no Metrô de São Paulo - Metrô. [fcavalcanti@metrosp.com.br](mailto:fcavalcanti@metrosp.com.br)

## RESUMO

Este estudo teve por objetivo investigar a influência que o acesso exerce na escolha dos estudantes universitários de escolas privadas, quando decidem buscar sua formação. Estabeleceu-se também o objetivo secundário de verificar o papel do transporte metroviário nesta escolha. A hipótese testada foi se a existência do acesso facilitado pesa na decisão por uma ou outra IES no momento da escolha do estudante que pretende cursar o nível superior. Para obtenção dos resultados optou-se por um levantamento do tipo *survey* viabilizado por um questionário fechado com oito questões. A discussão aponta que a hipótese foi confirmada pela maioria dos respondentes e revelou que é o acesso combinado com a facilidade de ter uma linha de Metrô próxima o fator muito determinante na escolha dos futuros estudantes do ensino superior.

**Palavras-chave:** *acesso à educação, mobilidade urbana, ensino universitário, Metrô.*

**Linha de Investigação: 2: Cidade e Ambiente**

**Tópico:** Acessibilidade e mobilidade sustentável

## **ABSTRACT**

This study aimed to investigate the influence that access has on the choice of university students from private schools, when they decide to seek their education. The secondary objective of verifying the role of metro transport in this choice was also established. The tested hypothesis was whether the existence of facilitated access weighs in the decision by one or another HEI at the moment of choosing the student who intends to study at a higher level. To obtain the results, the survey type survey was made possible by a closed questionnaire with eight questions. The discussion points out that the hypothesis was confirmed by the majority of respondents and revealed that is access combined with the ease of having a nearby Metro line, the very determining factor in the choice of future students of higher education.

**Keywords:** *access to education, urban mobility, university education, Metro.*

**Research line: 2: City and Environment**

**Topic:** Accessibility and sustainable mobility

## **INTRODUÇÃO**

As grandes cidades, em particular a cidade de São Paulo e sua região metropolitana, com 21,4 milhões de habitantes e 39 municípios (IBGE, 2010), possuem uma significativa população de média e baixa renda que enfrentam dificuldades perceptíveis para se deslocar ao trabalho, lazer, educação e outros fatores essenciais para a cidadania devido às dificuldades de mobilidade que estão presentes no cotidiano dos aglomerados urbanos. Entretanto, os efeitos perversos dos congestionamentos atingem a todos os cidadãos sem distinguir trabalhadores, empresários, estudantes, etc. A parcela abastada dos moradores tem optado por utilizar helicópteros para fugir dos problemas com o deslocamento na área central da cidade, mas esta é uma opção cara e muito restrita não sendo, portanto, uma solução viável para a imensa população urbana. A atual situação da mobilidade urbana na

Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é criticada por especialistas e cidadãos, constantemente. "A circulação de pessoas, equipamentos e mercadorias é muito difícil em praticamente toda a RMSP, não importando em qual hora do dia o deslocamento é realizado." (SARDINHA NETO, 2014).

Diante desta situação, a partir das experiências dos autores com a educação em nível superior e devido a atuação em uma empresa reconhecidamente relevante na questão da mobilidade urbana na cidade, a Companhia do Metropolitano de São Paulo, decidiu-se empreender uma pesquisa que pudesse contribuir com o debate sobre a questão do acesso às Instituições de Ensino superior (IES) e a importância deste quesito no momento da escolha pela instituição na qual irão ingressar para obter a sua formação. Estabeleceu-se também o objetivo secundário de verificar o papel do transporte metroviário nesta escolha. O foco do estudo foi o ensino privado uma vez que, senso comum, as instituições públicas atraem os estudantes por outros fatores, tais como, qualidade e gratuidade.

Para esclarecer de modo mais efetivo a importância do acesso para fins de estudo e do Metrô para os estudantes optou-se por um levantamento qualitativo do tipo "survey", que segundo Babbie (1999) "é um termo em inglês que se destina a pesquisa em grande escala e desenvolve uma abordagem que visa apresentar as opiniões das pessoas através de questionários, entrevistas, etc." Para a obtenção das respostas utilizou-se um questionário fechado com oito questões que foi disponibilizado na internet para os estudantes. O universo da pesquisa foi limitado em duas instituições de ensino superior privado com as seguintes características: a instituição, doravante chamada de "A", localizada na Zona Norte da cidade que possui proximidade com uma estação de Metrô da Linha 1 - Azul. O perfil sócio econômico dos estudantes é predominantemente das classes média e baixa, uma vez que possui valores de mensalidade "mais acessíveis". A outra instituição, doravante chamada de "B" está distante algo em torno de 25 a 30 km do Centro de São Paulo e aproximadamente 15 Km da Estação Jabaquara da Linha 1 - Azul, localizada em uma cidade vizinha que compõe a chamada RMSP. O perfil sócio econômico dos estudantes é predominantemente das classes média e alta sendo que os valores das mensalidades são elevados. A escolha deste universo foi motivada pelo entendimento de que os contrastes existentes entre as instituições selecionadas possibilitariam uma análise mais rica e abrangente sobre as opiniões dos respondentes levando a um

resultado mais significativo. A pesquisa foi realizada a partir de uma amostra de 100 alunos e ex-alunos da instituição "A" e 100 alunos e ex-alunos da instituição "B", totalizando 200 respondentes no período de abril a junho de 2018. Os dados foram analisados e colocados em gráficos para uma melhor apresentação dos resultados.

## **DIAGNÓSTICO**

Conforme citado anteriormente, para a realização do diagnóstico o principal instrumento do protocolo de pesquisa foi um questionário fechado com oito questões que foi disponibilizado na internet para 200 respondentes sendo 100 da instituição "A" e 100 da instituição "B".

"A amostragem tem elevada importância na coleta de dados, tendo em vista que, de forma geral, os surveys são utilizados para, através de uma parcela da população, estudar esta como um todo" (BABBIE, 1999).

As questões foram as descritas abaixo:

- 1 - Qual é a sua idade?
  - 2 - Qual o seu sexo?
  - 3 - Aproximadamente, qual é a sua renda familiar mensal?
  - 4 - A facilidade de acesso pesou na escolha da Instituição.
  - 5 - Eu utilizo o Metrô para?
  - 6 - Me desloco até a Faculdade/Universidade via?
  - 7 - Eu escolhi esta Instituição devido a facilidade de acesso ao Metrô.
  - 8 - O que mais pesou na escolha da Instituição em que você estuda? Sendo 4 a opção mais importante e 1 a menos importante.
- 1 - Facilidade de Acesso
  - 2 - Preço da mensalidade
  - 3 - Qualidade de ensino
  - 4 - Reputação da Instituição

O questionário foi utilizado para obter opiniões e comportamentos dos respondentes e, segundo Babbie (1999), serve para fazer inferências acerca da população-alvo ou sobre aspectos que a influencia.

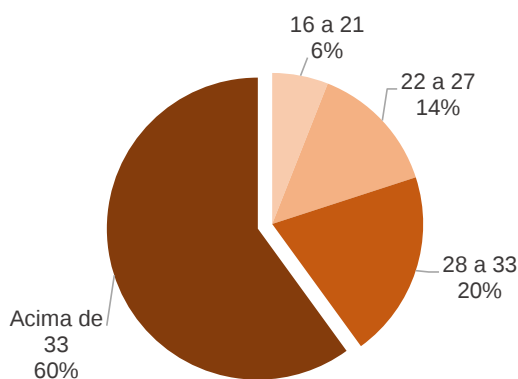
O questionário obteve 100% de preenchimento em todas as questões disponibilizadas.

## Apresentação dos dados da pesquisa

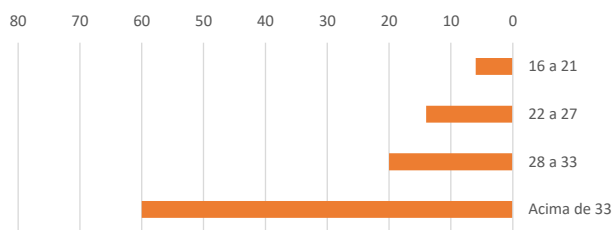
A seguir mostraremos na forma gráfica as opiniões dos respondentes.

### Gráfico 1 - Qual a sua idade?

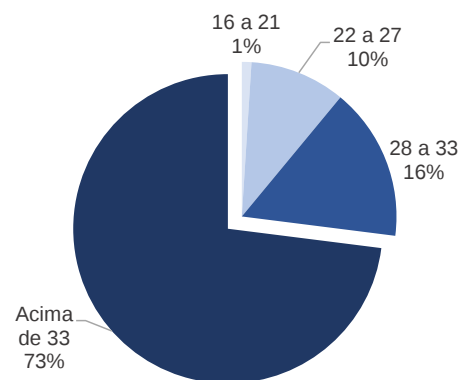
#### Instituição "A"



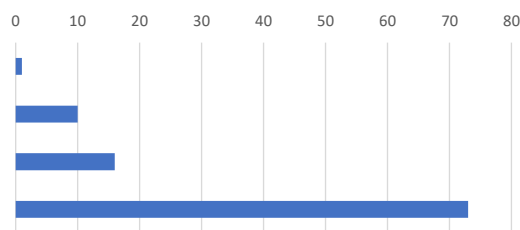
A



#### Instituição "B"



B

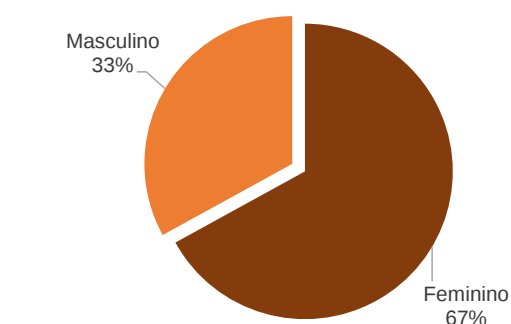


Fonte: elaborado pelos autores

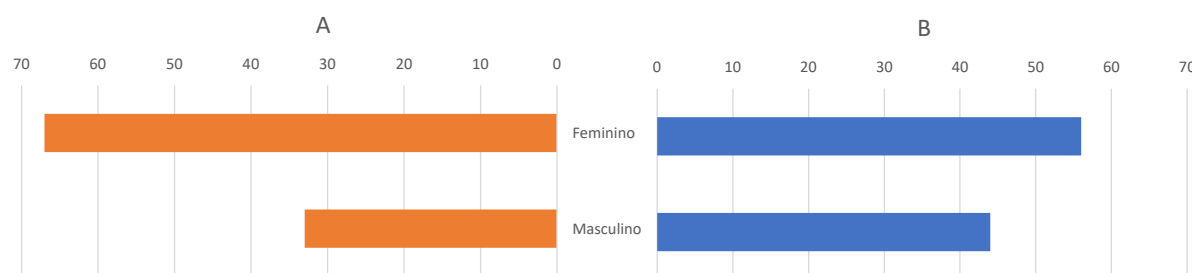
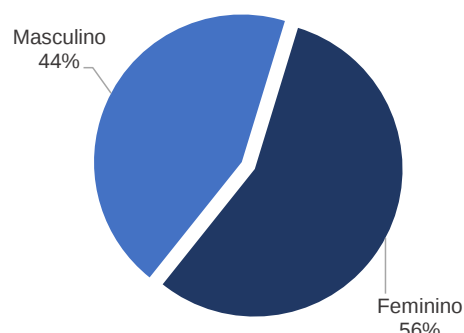
Podemos observar na representação gráfica acima, que nas duas Instituições de Ensino superior (IES) pesquisadas a faixa etária "acima de 33 anos" foi a maioria dos respondentes. Este dado está indicado por pesquisas, tais como o Censo do Ensino Superior de 2012 que mostram que o número de pessoas com mais de 30 anos matriculadas em cursos de graduação cresceu 25% entre 2009 e 2012 e esta tendência tem se mantido até a atualidade. Dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) apontam que em 2017, os estudantes acima de 33 anos de idade representavam 29% de todos os matriculados em cursos presenciais no Brasil. Neste estudo, tanto estudantes, como recém graduados e alunos da Pós-graduação responderam ao questionário o que influenciou o resultado obtido.

Gráfico 2 - Qual seu sexo?

Instituição "A"



Instituição "B"



Fonte: elaborado pelos autores

No gráfico de número 2 observamos que nas duas IES a maioria dos estudantes que responderam pertencem ao sexo feminino, o que está consonante com o fato de que as mulheres são predominantes nas instituições. Dados do Censo da Educação Superior de 2017, última edição do levantamento, revelam que elas representam 57,2% dos estudantes matriculados em cursos de graduação.

Para a pergunta número três "Qual a sua renda familiar mensal?" adotamos o critério de classes sociais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que estabelece faixas chamadas de A, B, C, D e E segundo a renda em salários mínimos.

Tabela 1 - Classe Social pelo Critério por Faixas de Salário-Mínimo (IBGE)

| Classe Social | Valor em reais                    |
|---------------|-----------------------------------|
| A             | Acima de R\$ 19.080,00            |
| B             | De R\$ 9.540,01 até R\$ 19.080,00 |
| C             | De R\$ 3.816,01 até R\$ 9.540,00  |
| D             | De R\$ 1.908,01 até R\$ 3.816,00  |
| E             | Até R\$ 1.908,00                  |

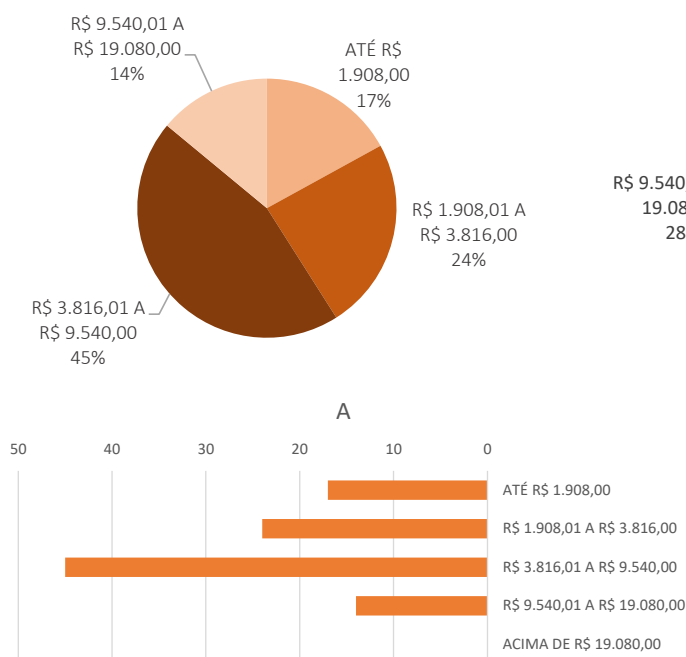
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - salário mínimo em 2018: R\$ 954

Segundo Coêlho, (2017) o cálculo das classes sociais conforme podemos observar na Tabela 1 utiliza um critério de avaliação simplificado dos níveis sociais, pois considera apenas o fator renda em salários mínimos e não considera fatores socioeconômicos como: a localização onde família reside, a sua formação acadêmica, os bens duráveis e a quantidade de patrimônio líquido que acumulou ao longo dos anos.

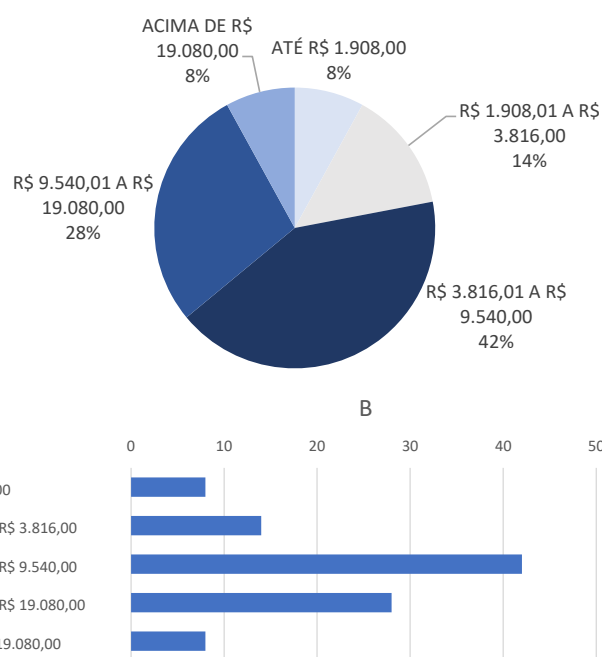
Apesar das críticas, este critério ainda é amplamente utilizado, inclusive nas pesquisas da Companhia do Metrô, tais como "Caracterização Socioeconômica do Usuário e seus Hábitos de Viagem" e a "Pesquisa OD".

### Gráfico 3 - Qual sua renda familiar mensal?

#### Instituição "A"



#### Instituição "B"



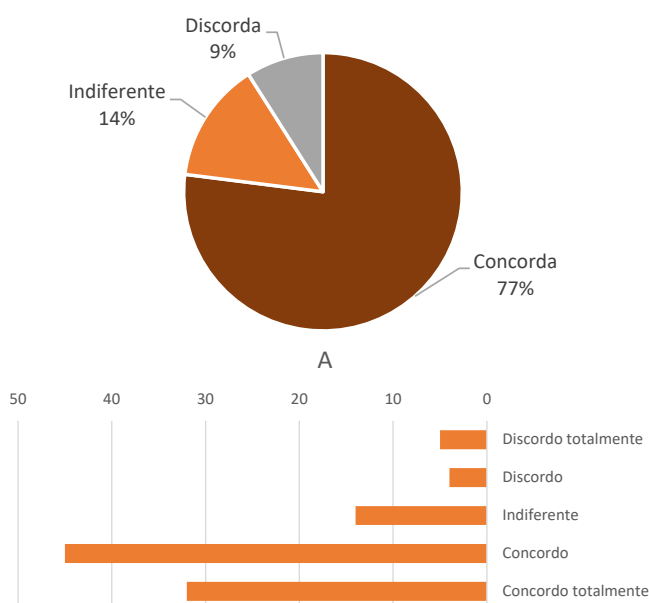
Fonte: elaborado pelos autores

Apesar da concentração na Classe "C" em ambas, neste gráfico temos a primeira grande diferença nas respostas entre IES "A" e IES "B". A IES "A" possui 17% dos entrevistados pertencentes a classe social "E", segundo o critério do IBGE, enquanto para a IES "B" temos apenas 8% nesta mesma classe. Somando os números das classes "D" e "E" temos 41% dos respondentes da IES "A" e apenas 22% na IES "B" com a mesma renda. Cabe ainda destacar que nenhum estudante da

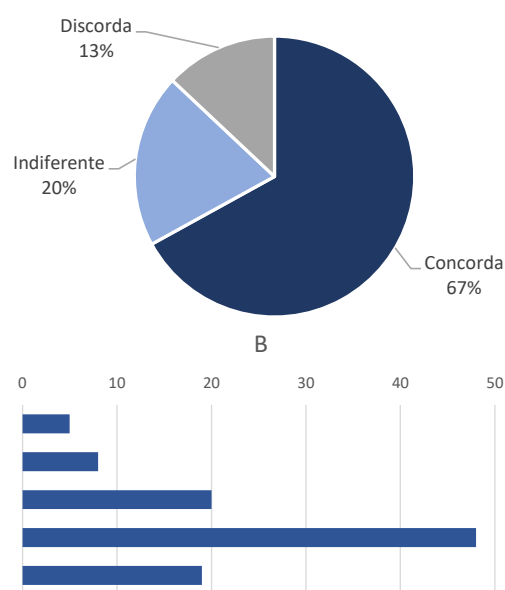
IES "A" possui renda acima de R\$ 19.080,00 (classe "A"), enquanto na IES "B" esse número é de 8%. Podemos inferir que o valor da mensalidade da IES "B" torna esta instituição mais procurada por estudantes de maior renda. A IES "A" disponibiliza um financiamento educacional próprio e suas mensalidades são de menor valor em comparação com a IES "B".

**Gráfico 4 - A facilidade de acesso pesou na escolha da instituição?**

#### Instituição "A"



#### Instituição "B"



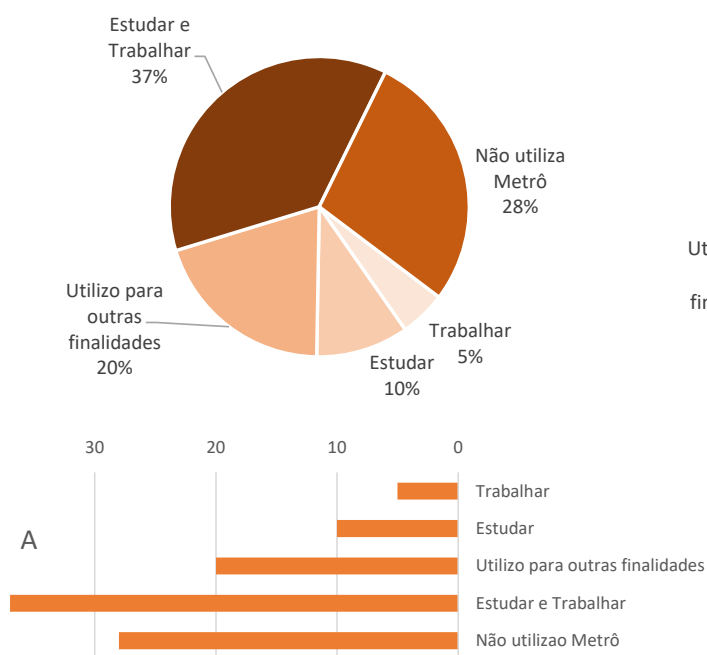
Fonte: elaborado pelos autores

Antes de discutirmos o gráfico 4 faz-se necessário conceituar mobilidade. Segundo Balbim (2016) a mobilidade designaria o conjunto de motivações, possibilidades e constrangimentos que influem tanto na projeção, quanto na realização dos deslocamentos de pessoas, bens e ideias, além, evidentemente, dos movimentos em si. Para apurar a opinião dos entrevistados sobre esta questão central em nosso estudo perguntamos: "a facilidade de acesso pesou na escolha da instituição?". Nas opções para respostas utilizamos um Escala de Likert que segundo Frankenthal (2017) é uma abordagem capaz de extrair dados qualitativos de uma pergunta estruturada de forma quantitativa e se mostra muito eficiente na hora de analisar a satisfação, os sentimentos e a experiência dos entrevistados. Optamos por somar as concordâncias e as discordâncias para efeitos de análise dos dados. Na IES "A" 77% dos respondentes concordaram com a afirmação e na IES "B" 67%

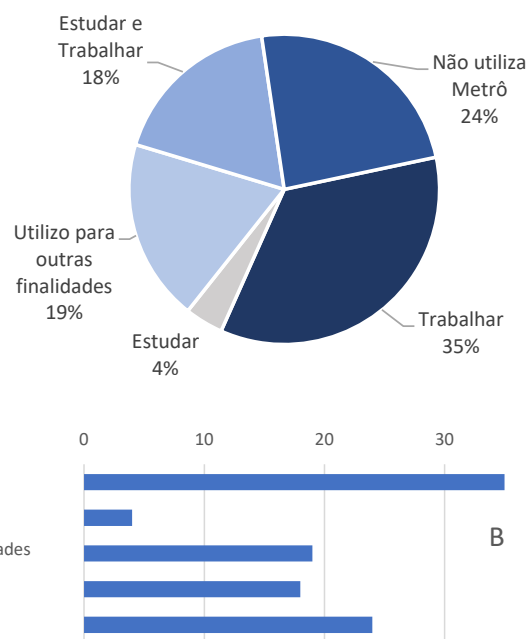
possuem a mesma opinião. Na IES "A" 9% discordam e 14% são indiferentes, enquanto na IES "B" 13% discordam e 20% são indiferentes. Estes números não estão muito distantes e evidenciam a importância que tem o acesso para as pessoas que precisam se deslocar nas grandes capitais e nas regiões urbanizadas e densamente povoadas, como a Região Metropolitana de São Paulo. O acesso é uma questão relevante para todos os cidadãos, mas seguramente atinge mais aos que precisam de deslocamento diários com variados fins, como é o caso dos estudantes. Podemos verificar esta afirmação no índice de mobilidade urbana definido como o número médio de viagens diárias realizadas por pessoa em uma dada população. Ele é obtido através da divisão do total de viagens pelo número de habitantes (METRÔ, 2007). Deste modo podemos inferir que acesso aos locais urbanos tem relação direta com o índice de mobilidade urbana. Segundo Vasconcellos (2016) no caso da RMSP, os maiores índices de mobilidade ocorrem na faixa de 15 a 39 anos de idade quando se somam motivos diferentes de viagens, por exemplo, trabalho em um período e escola em outro. Nesta faixa etária encontram-se os estudantes do nível superior em sua grande maioria segundo o Censo do Ensino Superior de 2016.

**Gráfico 5 - Eu utilizo o Metrô para:**

**Instituição "A"**



**Instituição "B"**

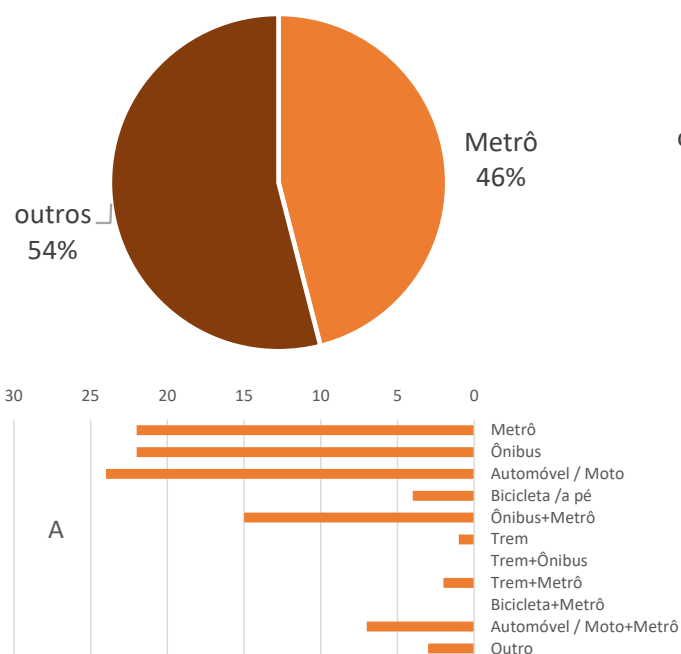


Fonte: elaborado pelos autores

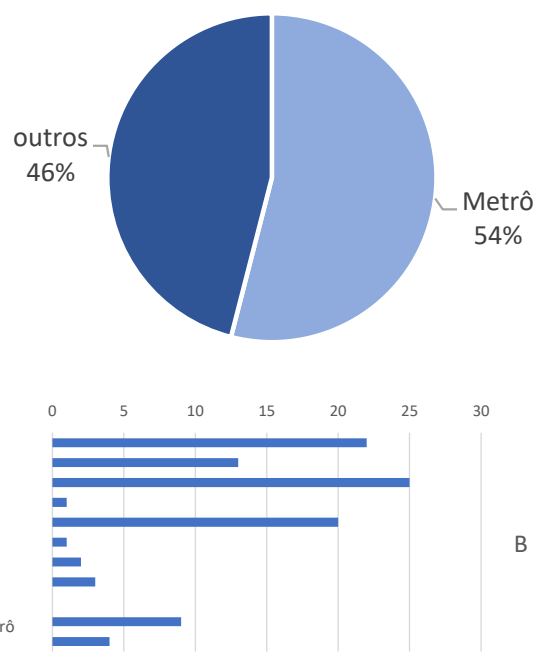
De modo a obter uma aproximação do objetivo mais específico deste estudo, os respondentes foram questionados sobre a utilização do Metrô em suas viagens e foram disponibilizadas opções em uma questão do tipo "fechada" no questionário "on line". Na IES "A" as respostas "para estudar e trabalhar" obtiveram 47% na escolha dos entrevistados, pois podemos somar a opção "estudar" por estar atrelada à pesquisa. Deste modo, diferentemente, a IES "B" somou apenas 22% de respostas "estudar" e "estudar e trabalhar", esta diferença pode ser entendida em função da maior distância que a IES "B" apresenta em relação ao Metrô, quando comparada a IES "A". Já para as opções "utilizo para outras finalidades" e "não utiliza o Metrô" as respostas foram bem próximas nas duas instituições pesquisadas. Entretanto na resposta "trabalhar" temos 5% de escolhas pelos respondentes da IES "A" contrastando com os 35% da IES "B" que afirmaram utilizar o Metrô apenas para trabalhar. Neste item, mais uma vez, podemos inferir que a questão da localização da IES "B" em relação ao Metrô foi determinante nas respostas.

**Gráfico 6 - Eu Me desloco até a Faculdade/Universidade via?**

**Instituição "A"**



**Instituição "B"**



Fonte: elaborado pelos autores

No gráfico 6 podemos observar as respostas dos estudantes sobre o modal utilizado para o deslocamento até a instituição de ensino. A questão ofertou várias opções de combinação de modais e o resultado apurado mostrou o Metrô como uma opção fortemente utilizada tanto como principal escolha, quanto combinado com outros meios. Para a IES "A" o Metrô aparece em 46% das respostas ao somarmos as participações deste transporte com todas as combinações ofertadas nas respostas. Mais peculiar é notar que 54% dos respondentes da IES "B" afirmam que utilizam o Metrô para se locomover ao local de estudo, apesar da distância em relação a este modal. Dentro do valor de 22% de estudantes que afirmaram utilizar o Metrô para chegar à IES "B" podemos entender que apesar da localização, em algum momento este meio é utilizado em combinações não previstas nas respostas, tais como taxis, caronas, fretados, aplicativos, etc. Este número é igual ao apurado na IES "A" e coincide com o número de usuários exclusivos do Metrô, em todo o sistema, segundo a pesquisa "Caracterização Socioeconômica do Usuário e seus Hábitos de Viagem" realizada em 2016.

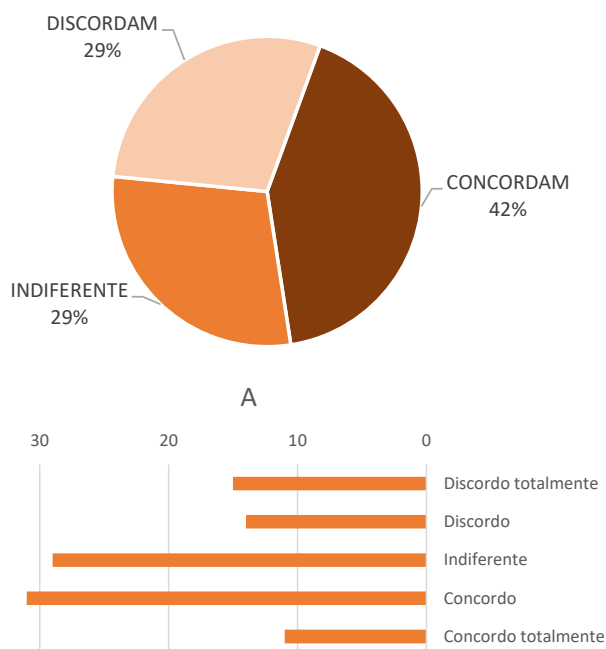
Segundo o Metrô (2016), neste mesmo estudo, é possível verificar que 13% dos usuários do sistema utilizam o Metrô tendo por motivo de viagem "estudar e trabalhar" ou apenas para "estudar" o que representa um total de, aproximadamente, 585.000 pessoas por dia.

Na Linha 1 - Azul que é a disponível para os estudantes da IES "A" e a mais próxima para os da IES "B", a pesquisa mostra que 14% do total de usuários exclusivos do Metrô utilizam esta linha para "estudar e trabalhar" ou apenas para "estudar".

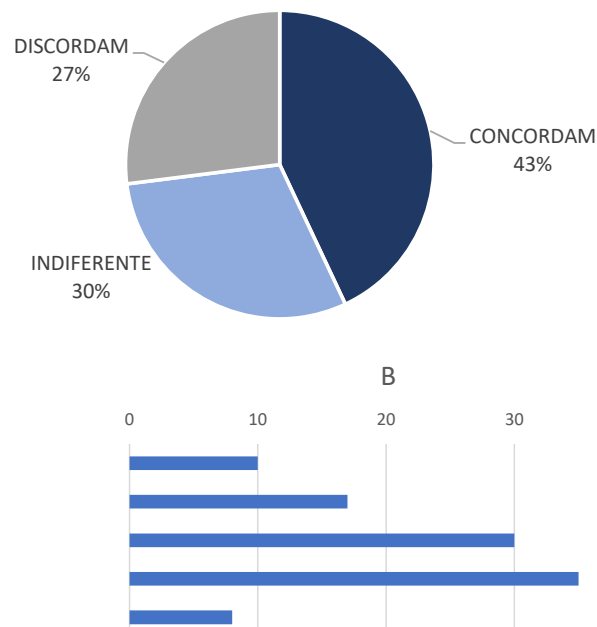
Desta forma é evidente que o Metrô exerce influência no momento da escolha da instituição de ensino dos que procuram os cursos de graduação e Pós-graduação, conforme trataremos no próximo gráfico.

**Gráfico 7 - Eu escolhi esta instituição devido a facilidade de acesso ao Metrô.**

**Instituição "A"**



**Instituição "B"**



Fonte: elaborado pelos autores

Na questão de número 7, que está representada no gráfico acima, perguntamos de maneira mais incisiva sobre a utilização do Metrô que é um dos objetivos de verificação deste estudo, mais uma vez utilizando uma escala de Likert. Para uma maior precisão a pergunta mesclou acesso e Metrô buscando clarificar a importância deste modal entre as escolhas possíveis. A afirmação que deveria obter concordância ou discordância foi: "eu escolhi esta instituição devido a facilidade de acesso ao Metrô".

Mais uma vez optamos por somar as concordâncias e as discordâncias para efeitos de análise dos dados. Os alunos e ex-alunos das duas instituições responderam novamente de maneira próxima, sendo que 42% dos entrevistados da IES "A" e 43% dos da IES "B" concordaram que escolheram a IES devido ao acesso ao Metrô. Este é um número significativo, ainda mais se considerarmos que a IES "B" se encontra na RMSP e distante 15 Km de uma estação de Metrô.

No tocante as outras opções: "indiferente" e "discordo" os resultados foram parecidos, sendo que 29% na IES "A" e 30% na IES "B" se declararam indiferentes. 29% discordaram na IES "A" e 27% na IES "B". O fato de termos na somatória das

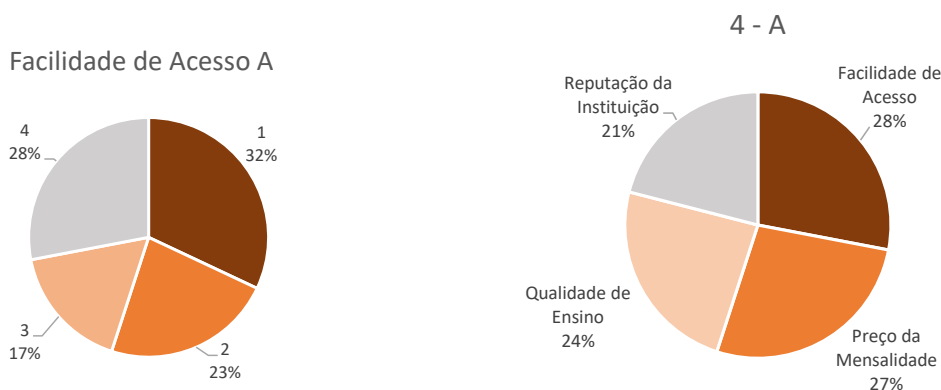
respostas "indiferente" e "discordo" em um número maior que aqueles que apontaram que concordam, de modo algum retira o grau de importância que é dado devido ao acesso ao Metrô pelos estudantes superando os 40% em um universo de 200 respondentes.

Reforçando essa percepção temos, segundo Neves (2013), o fato de que muitas instituições particulares de ensino superior se localizam próximas às estações de Metrô, que estrategicamente podem utilizar a facilidade de acesso como um diferencial competitivo e assim atrair um maior número de estudantes que são usuários do transporte público, mais especificamente o modal Metrô.

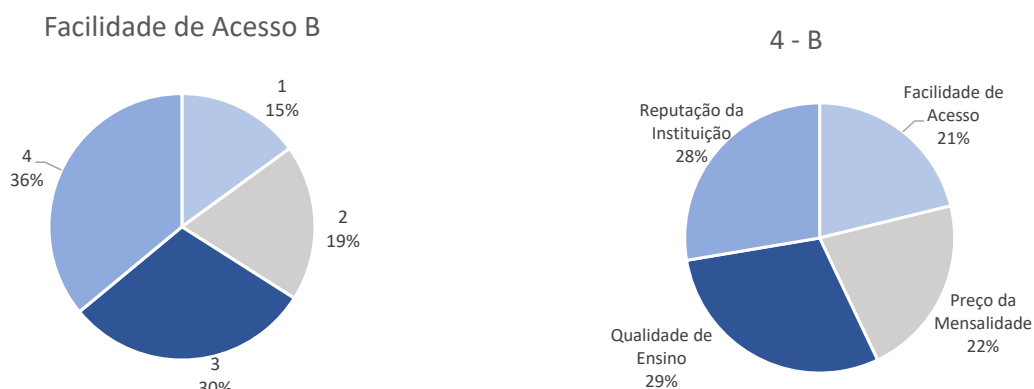
O Metrô possui um papel de integrar todos os modais e servir de distribuidor no fluxo de passageiros de outros tipos de transporte provendo mobilidade. “A integração modal apresenta-se como uma solução para as necessidades econômicas e sociais, melhorando a utilização dos transportes urbanos” (METRÔ, 2018).

**Gráfico 8 - O que mais pesou na escolha da instituição em que você estuda? Sendo a opção 4 a mais importante e a 1 a menos importante.**

#### **Instituição "A"**



#### **Instituição "B"**



Fonte: elaborado pelos autores

Finalizando o questionário foi solicitado aos respondentes que escolhessem entre quatro afirmações uma ordem de importância classificando-as com os pesos 4, 3, 2 e 1 sendo que o número 4 representava a mais significativa e o número 1 a menos importante dentre todas. Foram formuladas as seguintes opções:

- 1 - Facilidade de Acesso
- 2 - Preço da mensalidade
- 3 - Qualidade de ensino
- 4 - Reputação da Instituição

No gráfico 8 podemos observar que na IES "A" 28% dos respondentes afirmaram que a "facilidade de acesso" foi o que mais pesou na escolha da instituição, superando o "preço da mensalidade" que foi escolhida por 27%. A seguir 24% apontaram a "qualidade de ensino" e 21% optaram pela reputação da instituição como mais significativo.

Especificamente sobre a opção "facilidade de acesso" temos que 28% dos respondentes da IES "A" atribuíram peso 4, 17% peso 3, 23% peso 2 e 32% peso 1. Destacamos, que apesar da opção "facilidade de acesso" ter sido a mais escolhida, uma importante parcela, 32% dos respondentes, classificaram esta afirmativa com peso 1 revelando um contraste entre os que concordam e os que não se importaram com esta questão no momento de escolher a IES "A".

Na IES "B" 29% dos respondentes afirmaram que a "qualidade de ensino" foi o que mais pesou na escolha da instituição. A "reputação da instituição" foi escolhida por 28%, enquanto 22% apontaram o "preço da mensalidade" e apenas 21% optaram pela "facilidade de acesso" como o mais significativo.

Especificamente sobre a opção "facilidade de acesso" temos que 36% dos respondentes da IES "B" atribuíram peso 4, 30% peso 3, 19% peso 2 e 15% peso 1. Nota-se que apesar da "facilidade de acesso" não ter sido a mais escolhida, quando comparada com outras alternativas, ainda sim ela é bastante significativa, pois foi considerada importante para os 66% de respondentes que atribuíram peso 4 ou 3 para esta questão.

Estes resultados apontam que para os estudantes da IES "A", de preço mais popular, existe um alinhamento entre as concordâncias anteriores apontadas nas

questões 4 e 7, onde notamos que o acesso e a disponibilidade do Metrô são relevantes para as suas escolhas, enquanto que na IES "B" os estudantes possuem rendas maiores e apesar da concordância com os respondentes da IES "A" nas questões 4 e 7, ao confrontamos a questão do acesso com qualidade de ensino e a reputação da instituição, estas prevalecem de modo que podemos inferir que as classes sociais mais elevadas estão dispostas a pagar mais pela obtenção de um ensino superior de mais qualidade e com uma reputação que, provavelmente, irá facilitar a sua entrada no mercado de trabalho.

## PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

Após a apresentação e discussão dos dados é possível verificar que a partir das respostas obtidas, algumas percepções foram confirmadas pelos resultados obtidos e explicitados nos gráficos.

Atualmente existe uma parcela significativa de entrantes tardios no ensino superior e estes estão fortemente representados no universo de respondentes deste estudo que incluiu recém-formados e alunos de Pós-graduação. As mulheres, segundo dados oficiais, são maioria no ensino superior e também foram as que mais responderam ao nosso questionário "on line". Na questão das Classes sociais e renda apuramos que nas duas instituições pesquisadas predominam estudantes da Classe "C", entretanto o perfil dos alunos da IES "A" incorpora números significativos de pertencentes das Classes "D" e "E" enquanto a IES "B" mostra números menores nestas classes e ainda possui uma parcela de pertencentes da Classe "A" o que não ocorre na IES "A", a de preço mais acessível entre as duas.

Também foi possível confirmar que para o universo de respondentes o acesso é relevante na escolha da IES qual estes estudam ou estudaram. Existe um importante número de estudantes que consideraram a disponibilidade do Metrô relevante fator de escolha onde estudar. Muitos também são usuários deste modal para seu deslocamento às instituições.

Quando confrontamos o acesso com outras questões que poderiam pesar na escolha das instituições de ensino superior verificamos que para os alunos da IES "A" o acesso se mantém como fator mais relevante nesta decisão. Entretanto, ao analisarmos as respostas dos entrevistados da IES "B" verificamos que a questão do

acesso é igualmente importante como pudemos verificar nas respostas às perguntas 4 e 7 do questionário, mas ela não é a mais significativa quando apresentamos um leque de opções que envolvem qualidade de ensino e reputação da instituição, para os estudantes que possuem maior poder aquisitivo e se prontificam a pagar por isso, estas opções são muito mais relevantes que a facilidade de acesso.

## **CONCLUSÕES**

Este estudo teve por objetivo verificar a importância do acesso na escolha dos estudantes por uma ou outra instituição de ensino superior privado e mais especificamente apurar se o transporte metroviário exerce também influência nesta decisão. Após a realização de uma pesquisa do tipo "survey" por meio de um questionário ofertado a 200 estudantes de duas instituições privadas de ensino superior, foi possível inferir uma série de percepções que confirmaram a importância que o acesso possui para os que necessitam se deslocar na RMSP para estudar, trabalhar ou ambos.

Os respondentes revelaram que o Metrô também exerce um papel relevante para os estudantes no momento em que escolhem onde estudar. O Metrô confirma assim exercer o papel de facilitador à educação contribuindo para reduzir as dificuldades de circulação existentes no extenso tecido urbano da RMSP.

Como foram estudadas duas IES com alunos de perfis socioeconômicos heterogêneos, foi possível aferir que o Metrô provê mobilidade para distintas classes sociais, favorecendo a todos cidadãos que necessitam utilizar o transporte coletivo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BABBIE, Earl. "Métodos de Pesquisas de Survey". Tradução Guilherme Cezarino. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1999.

BALBIM, R. "Geopolítica das cidades: velhos desafios, novos problemas". Brasília: IPEA, 2016.

COÊLHO, A. De que classe Social você faz parte? Mais recursos, 2017. Disponível em: <http://maisrecursos.com.br/classe-social-voce-parte/>

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. “Pesquisa Origem-Destino do Metrô ano 2007”. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/index.asp>>. Acesso em: 02/06/2018

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. “Caracterização socioeconômica dos usuários e seus hábitos de viagem – 2016”. São Paulo: Metrô, 2016.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. São Paulo: Metrô, 2018. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/index.asp>>. Acesso em 31/05/2018

FRANKENTHAL, R. Entenda a escala Likert e como aplicá-la em sua pesquisa. Mindminers, 2018. Disponível em: <https://mindminers.com/pesquisas/entenda-o-que-e-escala-likert>. Acesso em 31/05/2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE 2010. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/defaulttab.shtm>. Acesso em 4/06/2018.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo da Educação Superior. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/censo-da-educacao-superior>. Acesso em 4/06/2018.

NEVES, D. P. Mobilidade e Direito à Cidade: um estudo do impacto do bilhete único junto a usuários do Metrô de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2013.

SARDINHA NETO, D. A. O papel do Metrô na inclusão social no município de São Paulo: uma análise da Linha 3 – Vermelha. Verlag: Novas Edições Acadêmicas, 2014.

VASCONCELLOS, E. A. Mobilidade cotidiana, segregação urbana e exclusão. In: BALBIM, R., KRAUSE C., e LINKE, C. C. (orgs). Cidade e Movimento - Mobilidades e Interações no Desenvolvimento Urbano. Brasília: IPEA, 2016.



## **Capítulo 8**

# **UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA IDENTIFICAÇÃO DE VIAS POTENCIAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE CICLOVIAS EM CIDADES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE**

**Sheila Elisângela Menini**

**Andressa Rosa Mesquita**

**Daniel da Silva Dias**

**Leonardo Amorim de Araujo**

## **UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA IDENTIFICAÇÃO DE VIAS POTENCIAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE CICLOVIAS EM CIDADES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE**

**Sheila Elisângela Menini**

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa, Professora titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de MG – câmpus Juiz de Fora, e-mail: [sheila.menini@ifsudestemg.edu.br](mailto:sheila.menini@ifsudestemg.edu.br)

**Andressa Rosa Mesquita**

Doutoranda em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Gerente de Operações de Transportes na Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro, e-mail: [andressamesquita@pet.coppe.ufrj.br](mailto:andressamesquita@pet.coppe.ufrj.br)

**Daniel da Silva Dias**

Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Técnico em Transporte e Trânsito da Prefeitura de Juiz de Fora, e-mail: [danieldasilvadiasjf@hotmail.com](mailto:danieldasilvadiasjf@hotmail.com)

**Leonardo Amorim de Araujo**

Doutor em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de MG – campus Santos Dumont, e-mail: [leonardo.araujo@ifsudestemg.edu.br](mailto:leonardo.araujo@ifsudestemg.edu.br)

**RESUMO:** O transporte ativo associado a um sistema de transporte coletivo e eficiente são vistos como os protagonistas para combater os congestionamentos e a poluição ambiental causada pelo transporte individual. A bicicleta tem-se mostrado eficiente para aumentar a mobilidade urbana sustentável. Entretanto, é necessário ampliar as vias cicláveis para interligar diferentes regiões de uma cidade. O objetivo principal desse trabalho foi a proposição de um método que auxilie na avaliação da "melhor" rota ciclável utilizando a análise multicritério por geoprocessamento. E como objetivos

secundários, pretende-se integrar a bicicleta ao sistema de mobilidade urbana da cidade de Juiz de Fora. Para a avaliação dos trechos da cidade foram utilizados três atributos, a saber: inclinação das vias, localização de paraciclos e acidentes com ciclistas. Três cenários de implantação cicloviária foram testados. Apesar do Cenário 3 obter a maior nota como candidato a construção da infraestrutura cicloviária, é a situação que atinge a menor parcela da população. Isso ocorreu por já existirem infraestruturas cicloviárias na rota simulada, as inclinações são menores e o índice de acidentes é alto. A metodologia empregada é de fácil utilização e pode ser replicada em outras cidades de pequeno e médio porte. Ela auxilia na identificação potencial de trechos com maior necessidade de implantação cicloviária para que os tomadores de decisão possam priorizar o local com maior necessidade de investimento sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** planejamento de rede cicloviária, análise multicritério, análise de escolha de rota.

**ABSTRACT:** Active transportation associated with a collective and efficient transportation system play an important role in combating congestion and environmental pollution caused by individual transportation. Bicycle has been shown to be efficient to increase sustainable urban mobility, However, it is necessary to expand the bike paths interconnecting different regions of a city. In this context, the main objective of this study was to propose a method that assists in the evaluation of the "best" cycling route, using multicriteria analysis by geoprocessing. In addition to that, it is intended to integrate cycling into the urban mobility system of the city of Juiz de Fora. Three attributes were used to assess sections of the city: slope of roads, location of paracycles and accidents with cyclists. Three bike path deployment scenarios were tested. Although Scenario 3 obtained the highest score as a candidate for the construction of a bicycle infrastructure, it represents the situation that affects the smallest portion of the population. This was due to the previous existence of bicycle infrastructure on that simulated route, in addition to the slopes being smaller and the accident rate being higher. The methodology used in this research is easy to use and can be replicated in other small and medium-sized cities. It can assist in identifying points with the greatest need for the implementation of a bike path, so that decision makers can prioritize where there is a greater need for sustainable investment.

**KEYWORDS:** cycle network planning, multicriteria analysis, route choice analysis

## **1. INTRODUÇÃO**

Os graves problemas de mobilidade, como congestionamentos e acessibilidade, enfrentados pela maioria da população nos grandes centros urbanos, vem preocupando cada vez mais profissionais, governos, instituições e a própria população.

A matriz, com ênfase no transporte individual motorizado - o automóvel - está esgotada. Isto é evidente em várias partes do mundo. Assim, a capacidade das vias é sobrecarregada e resultam na saturação do tráfego, poluição do ar, poluição sonora, atrasos e degradação do espaço público.

O aumento do espaço destinado ao tráfego de veículos e a disponibilidade de estacionamentos são, geralmente, apresentados como solução aos problemas de tráfego para automóveis. De tal maneira que o espaço que pertence aos pedestres, ciclistas e transportes públicos sofra uma redução sistemática.

É de senso comum que a solução para o bom funcionamento de uma cidade é um sistema de transporte coletivo eficiente e que utilize, preferencialmente, uma matriz energética limpa. Por outro lado, a utilização de meios de transportes alternativos deve ser pensada, como por exemplo, os modos não motorizados. O modo a pé e as bicicletas, além de representarem uma forma econômica, saudável e ambientalmente correta de locomoção, estimulam uma mudança necessária nos padrões e hábitos da população.

A política de transportes urbanos, em particular a cicloviária, é essencial para estruturar soluções auto-sustentáveis para as áreas urbanas. Além do preço acessível, muitas são as vantagens da bicicleta sobre os modos motorizados. Ela contribui para a melhoria da saúde dos usuários, sem acarretar prejuízo ao meio ambiente; pode ser utilizada como meio de transporte ou instrumento de lazer; não requer combustível e, energeticamente, é mais eficiente que os demais veículos; sua flexibilidade de uso é elevada, pois em situações de congestionamentos, interrupções de tráfego ou acidentes o ciclista encontra meios de prosseguir sua viagem.

O custo para implantação e manutenção da infraestrutura para bicicletas é inferior ao das outras modalidades. Quanto à segurança do usuário, a bicicleta fica em desvantagem em relação aos demais meios de transportes, quando não

empregado uma adequada infraestrutura que garanta a bicicleta não só como meio de lazer, mas o de transporte urbano. Entretanto, o ato de pedalar, quando habitual, concede ao ciclista condicionamentos físicos e psicológicos que reduzem a sua insegurança.

O sistema ciclovitário é composto basicamente de ciclorrotas, ciclofaixas e ciclovias, além de bicicletários, paraciclos e outros componentes da infraestrutura de uso dos ciclistas. Ressalvadas as situações especiais, a ideia de tornar inteiramente independente o sistema ciclovitário é equivocada, pois devido ao grande número de trajetos em vias de tráfego compartilhado, os ciclistas tendem a utilizá-las.

De acordo com o exposto, é necessário e conveniente ampliar o conceito para incluir as vias cicláveis para conectar diferentes zonas de moradia e interligar diferentes setores urbanos. Exemplos de sucesso da utilização de ciclovias podem ser encontrados em diversas cidades do mundo, tais como: Amsterdã (Holanda), Copenhagen (Dinamarca), Bogotá (Colômbia), Curitiba (Brasil), Montreal (Canadá), Portland (Estados Unidos), Basileia (Suíça), Barcelona (Espanha), Pequim (China) e Trondheim (Noruega).

### 1.1. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo analisar por geoprocessamento e discutir os critérios que justificam a localização e implantação de infraestruturas ciclovitárias no meio urbano, em cidades de pequeno e médio porte, além de avaliar se a implantação é realmente necessária.

Assim, necessita-se entender quais espaços a bicicleta pode usufruir, onde pode ser implantado uma infraestrutura ciclovitária, como as características viárias influem na escolha de uma ou de outra infraestrutura, bem como o nível de segurança de cada um deles. Além disso, para escolher a infraestrutura (ciclovía, ciclofaixa ou tráfego compartilhado) é necessário determinar quais vias de tráfego são adequadas à utilização por bicicletas.

O estudo de caso foi realizado na região do "Eixo do Paraibuna". Local que liga os principais bairros da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. O Rio Paraibuna é o principal curso de água que corta a mancha urbana, percorrendo a cidade em toda a sua extensão.

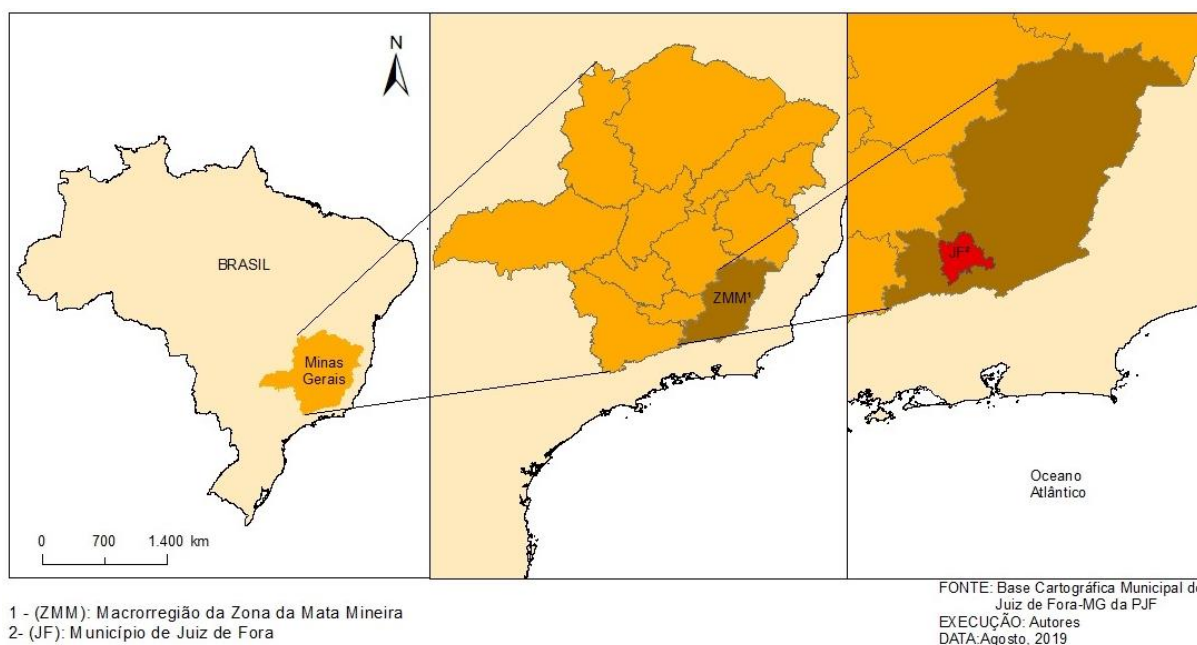
Como objetivos secundários pretende-se integrar a bicicleta ao Sistema de Mobilidade Urbana, além de estimular e promover seu uso de forma segura e

confortável. Almeja-se, também, que a rede cicloviária atue como importante elemento de reorganização e qualificação do espaço urbano e promova uma melhoria ambiental.

## 1.2. Justificativa

O município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, está situado nas coordenadas 21° 45' 51" S e 43° 21' 01" W (Figura 1) e com população de pouco mais de 500 mil habitantes, começa a apresentar os sintomas típicos da saturação viária que têm na questão da mobilidade um dos seus maiores e recorrentes problemas.

Figura 1 - Mapa Índice de Juiz de Fora.



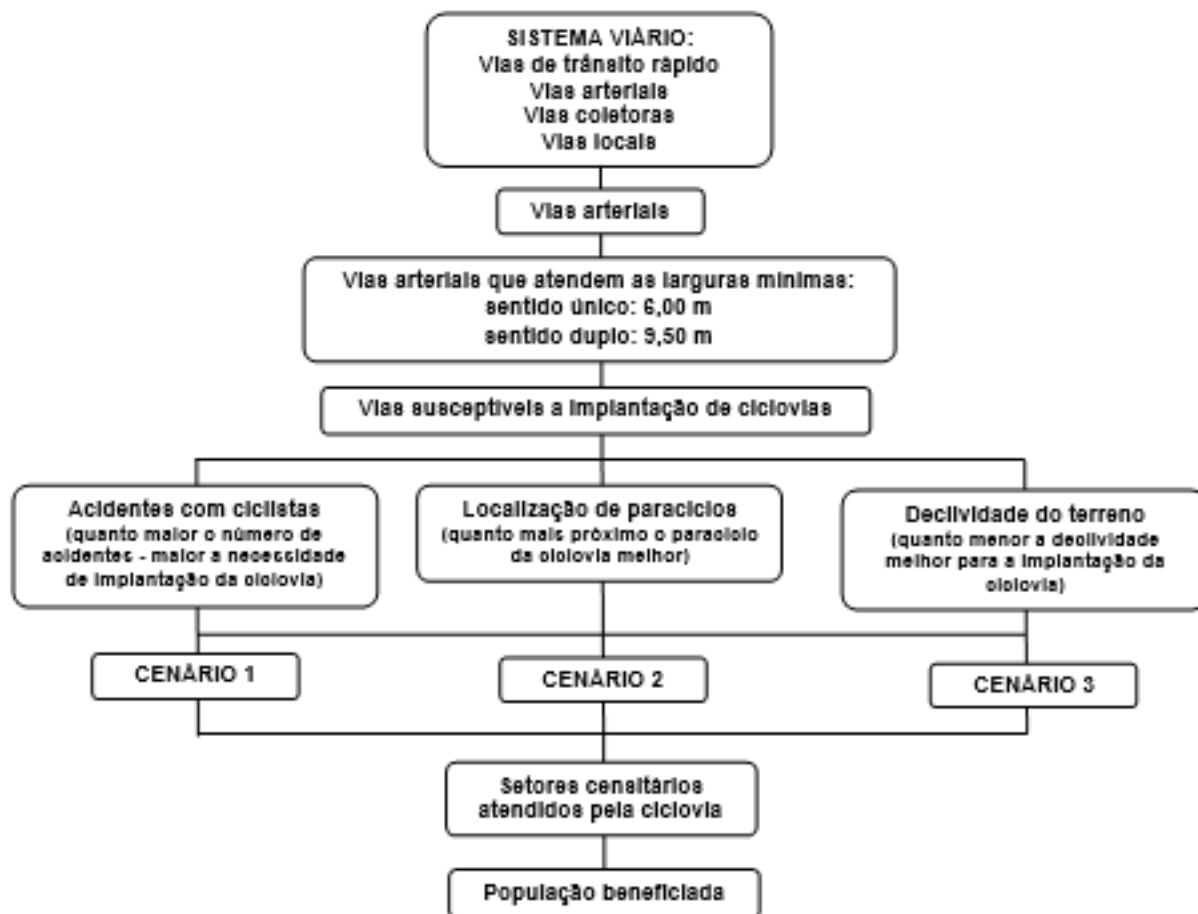
Fonte: Base Cartográfica Municipal de Juiz de Fora - MG (JUIZ DE FORA, 2019).

O estudo criterioso das principais vias de penetração e eixos estruturantes do sistema viário da cidade demonstram total viabilidade de introdução do modo cicloviário. Pesquisas apontam a significativa utilização da bicicleta, apesar das condições desfavoráveis ao conforto e a segurança do ciclista pela falta de infraestrutura adequada. A implantação de ciclovias, ciclofaixas ou faixas compartilhadas atenderá às exigências da legislação federal brasileira (BRASIL, 2012) e da legislação municipal (JUIZ DE FORA, 2012).

## 2. METODOLOGIA

O esquema apresentado na Figura 2 apresenta a metodologia proposta para obtenção de cenários ideais à implantação das rotas cicláveis na cidade de Juiz de Fora/MG. A ferramenta utilizada foi o *software* ArcGis 10.5.

Figura 2 - Esquematização da aplicação da metodologia aplicada ao geoprocessamento.



Fonte: Autores.

De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), as vias são classificadas em vias de trânsito rápido, arteriais, coletoras e locais. A cidade onde o estudo foi desenvolvido, não possui vias de trânsito rápido (condição típica de cidades médias), suas principais ligações interurbanas se dão através das vias arteriais, sendo definida como "aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade" (BRASIL, 1997), com velocidade limite de 60km/h.

Para essas vias existem restrições com relação a implantação de ciclovias como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Vias arteriais com restrição às bicicletas.

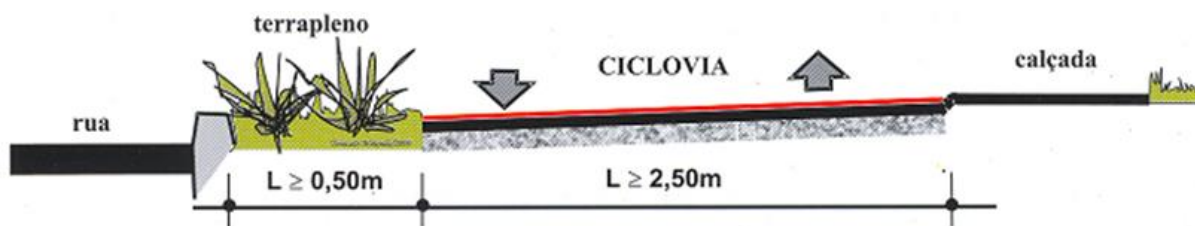
| CONSEQUÊNCIAS DO USO DA BICICLETA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | RECOMENDAÇÕES PARA USO DA BICICLETA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conflitos e acidentes com veículos motorizados, devido muito mais ao volume desses do que a sua velocidade;</li> <li>- Conflitos entre ônibus e pedestres nos pontos de parada;</li> <li>- Conflitos com os automóveis particulares no bordo direito da pista em razão do acesso desses às garagens e aos estacionamentos;</li> <li>- Conflitos nos cruzamentos, em especial em vias de mão dupla, e onde há conversões à esquerda.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Criação de ciclofaixa, quando houver disponibilidade de espaço, ou ainda, dotação de faixa da direita de sobrelargura de 1,20m, no máximo, para permitir a circulação de bicicletas no espaço excedente a uma faixa;</li> <li>- Criação de áreas de refúgio para a bicicleta e pedestres, na área de aproximação nos cruzamentos antes da conversão à esquerda.</li> </ul> |

Fonte: Manual de Planejamento Ciclovitário (BRASIL, 2001).

Dada a sua importância adotou-se, as vias arteriais para estudo da metodologia proposta, por apresentarem maior caixa viária, sendo possível a implantação da ciclovia. Tal escolha implica numa negociação de espaços, visto que, existe um volume acentuado de veículos de passeio, motocicletas, caminhões e ônibus que por elas circulam. Na maioria das vias apresentadas existe a circulação do transporte coletivo e em algumas delas ainda é possível encontrar uma faixa destinada ao estacionamento.

Para este estudo trabalhou-se com a ciclovia bidirecional (Figura 3), pois tem largo uso no Brasil, variando sua adoção de acordo com o porte das cidades brasileiras e normalmente é empregada nos grandes centros urbanos com o objetivo de mobilidade e lazer e, no interior do país, como ciclovia funcional. Adotou-se largura mínima da ciclovia de 2,50m e largura destinada a circulação de veículos de 3,50m por sentido, com largura mínima total de 9,50m (BRASIL, 2001).

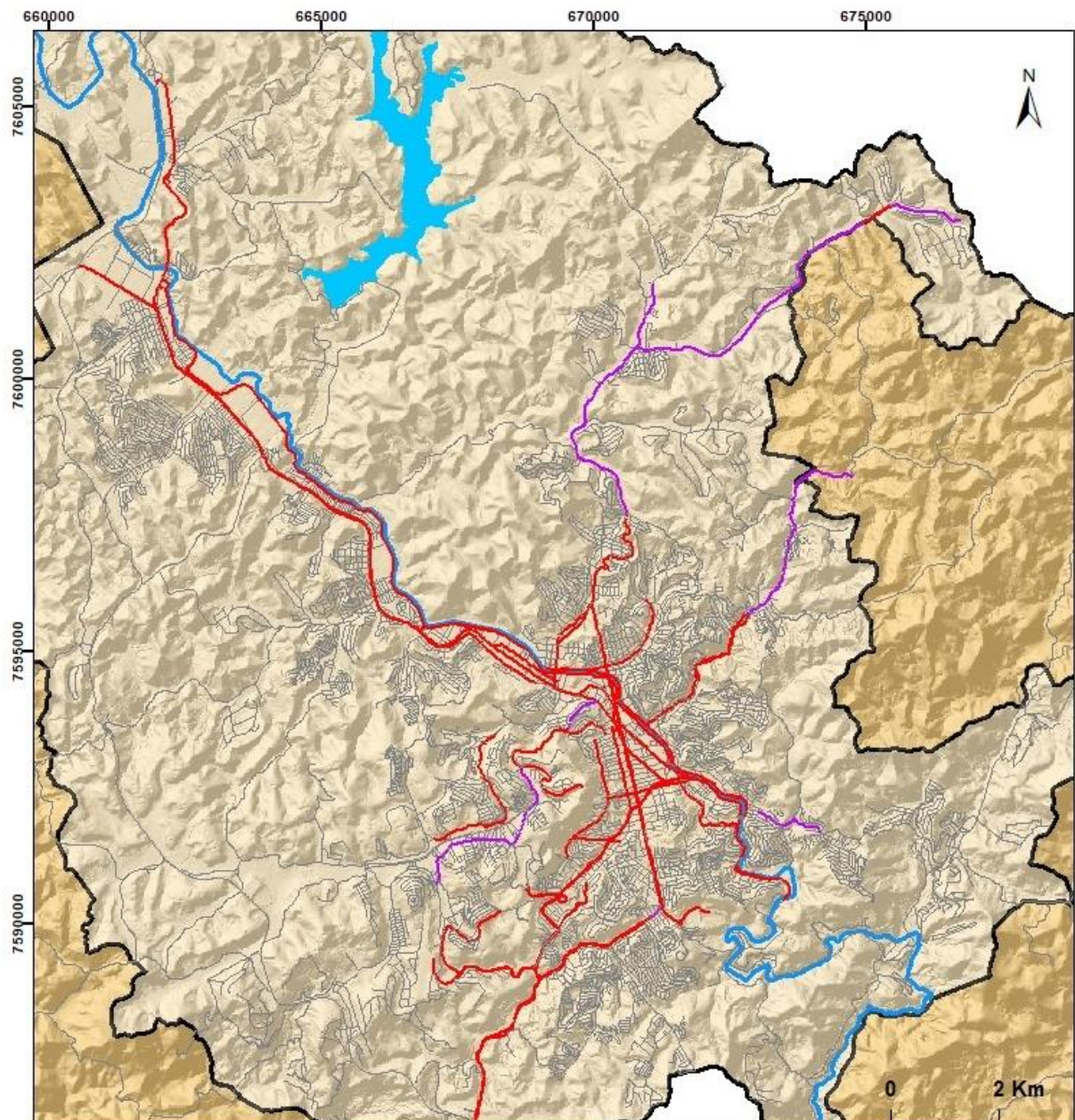
Figura 3 - Largura para ciclovia bidirecional.



Fonte: Manual de Planejamento Ciclovitário (BRASIL, 2001).

Com a dimensão mínima apontada selecionou-se 36 vias que totalizam 161,40km, conforme Figura 4. Observa-se que as vias arteriais que atendem esta condicionante, representadas em vermelho, se ramificam em quase todas as direções da mancha urbana e que, também, atingem, consideravelmente, as suas extremidades e nota-se sua predominância no núcleo central da cidade.

Figura 4 - Mapa de arruamento de Juiz de Fora.



### Legenda

- Via arterial com trecho selecionado
- Via arterial com trecho excluído
- Outro tipo viário
- Rio Paraibuna
- Represa João Penido
- Perímetro Urbano
- Perímetro do Município

Projeção Universal Transversa de Mercator  
DATUM SAD-69 Zona 23 Sul

FONTE: Base Cartográfica Municipal de  
Juiz de Fora-MG da PJF  
EXECUÇÃO: Autores  
DATA: Agosto, 2019

Fonte: Base Cartográfica Municipal de Juiz de Fora - MG (JUIZ DE FORA, 2019).

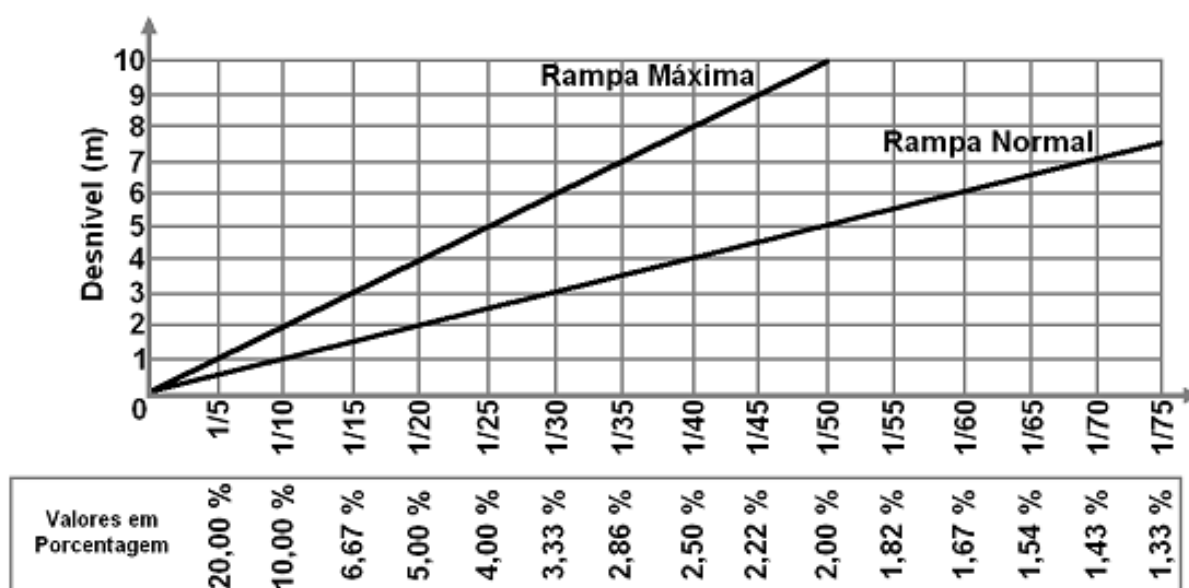
Para a seleção das melhores áreas para implantação das ciclovias utilizou-se o módulo *Weighted Overlay* do software ArcGis 10.5 considerando-se os seguintes critérios: declividade, acidentes com ciclistas e localização dos paraciclos.

Os critérios foram adotados por se tratarem de informações disponíveis no município. Atenção especial deve ser concedida às rampas nas ciclovias, uma vez que o ciclista, por ser propulsor do seu próprio veículo, é sensível a esse tipo de dificuldade. O Manual de Planejamento Ciclovitário (BRASIL, 2001), apresenta um gráfico relacionando os desníveis a vencer em função da inclinação da via. O gráfico sugere duas situações, uma para rampas normais e outra para rampas máximas, como mostra a Figura 5.

Os critérios foram adotados por se tratarem de informações disponíveis na base cartográfica municipal da Prefeitura de Juiz de Fora/MG. Atenção especial deve ser concedida às rampas nas ciclovias, uma vez que o ciclista, por ser propulsor do seu próprio veículo, é sensível a esse tipo de dificuldade, visto também as características geomorfológicas predominantes no município com “presença de vales profundos associados a encostas com elevadas declividades e um relevo constituído predominantemente por morros e morrotes” (JUIZ DE FORA, 2004), entretanto, há uma preponderância na localização das vias artérias nos fundos dos vales dos cursos d’água, principalmente no vale do Rio Paraibuna (principal curso d’água e corta a cidade).

O Manual de Planejamento Ciclovitário (BRASIL, 2001), apresenta um gráfico relacionando os desníveis a vencer em função da inclinação da via. O gráfico sugere duas situações, uma para rampas normais e outra para rampas máximas, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Rampas normais e máximas admissíveis em função do desnível a vencer.

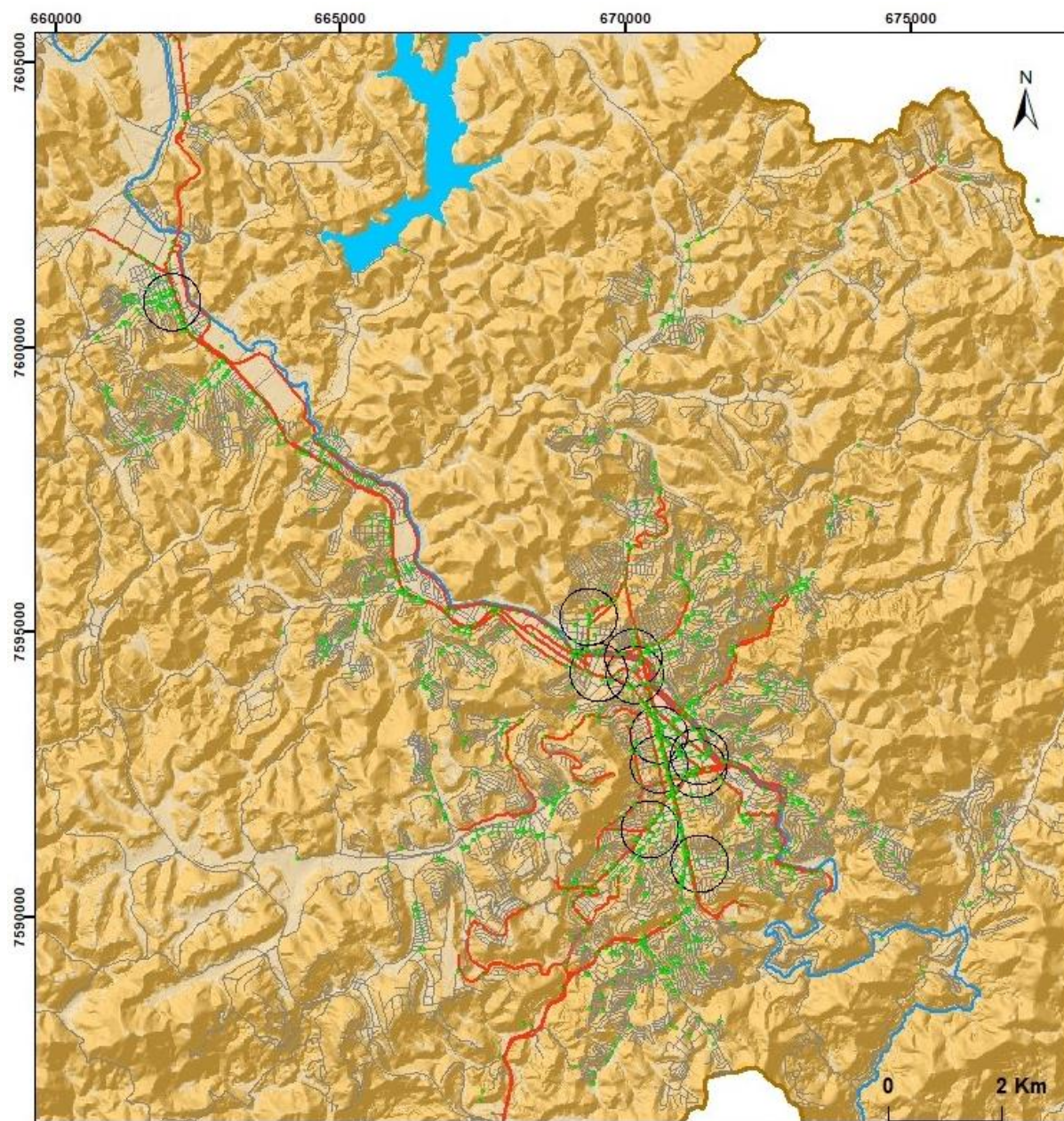


Fonte: BRASIL, 2001.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, acidentes no trânsito são a segunda maior causa de mortes prematuras em países em desenvolvimento. Nesses países a grande maioria das vítimas do trânsito são pedestres e ciclistas, embora com o aumento das vendas de moto, os motociclistas já estão se tornando a maioria dos acidentados (THE SIGNIFICANCE, 2000). Grande parte dos acidentes envolvendo ciclistas ocorre porque uma das partes envolvidas no acidente não percebeu a presença da outra, ou interpretou de maneira errada sua próxima manobra (ANDERSEN et al., 2012). Além disso, "Acidentes com ciclista ocorrem tanto nas cicloviás quanto nas vias públicas, principalmente nos cruzamentos." (GONDIM, 2010).

Utilizou-se também como fatores a localização de acidentes envolvendo ciclistas (compreendidos entre os anos de 2010 e 2018) e a localização dos onze paraciclos instalados em espaços públicos na cidade. A presença de paraciclos facilita a utilização da bicicleta pela possibilidade do seu estacionamento em local apropriado. A Figura 6 mostra os três fatores considerados utilizados na análise espacial. Para os paraciclos foram adotados raio de influência de 500m.

Figura 6 - Fatores utilizados no *Weighted Overlay*.



Projeção Universal Transversa de Mercator  
DATUM SAD-69 Zona 23 Sul

### Legenda

- |                                                              |                                     |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| ● Acidentes de trânsito com bicicleta                        | □ Perímetro do município            |
| — Vias arteriais selecionadas                                | ■ Represa Dr. João Penido           |
| — Trechos das vias arteriais excluídos e outros tipos de via | ■ Declividade de 0 a 10%            |
| — Rio Paraibuna                                              | ■ Declividade > 10%                 |
|                                                              | □ Área de Influência dos Paraciclos |

FONTE: Base Cartográfica Municipal de Juiz de Fora-MG da PJF  
EXECUÇÃO: Autores  
DATA: Agosto, 2019

Fonte: Base Cartográfica Municipal de Juiz de Fora - MG (JUIZ DE FORA, 2019).

Atribuiu-se valores de peso e influência (Tabela 2) para cada um dos fatores utilizados. Para cada atributo foi arbitrado um valor de 1 a 10, sendo maior o valor quanto maior o potencial da variável em questão. Para este estudo os pesos foram distribuídos igualmente entre os fatores apresentados.

**Tabela 2 - Influência e notas para cada fator utilizando a restrição (vias x declividade)**

| ATRIBUTO                                | CLASSE        | NOTA* | INFLUÊNCIA |
|-----------------------------------------|---------------|-------|------------|
| Inclinação                              | 0 - 2º        | 9     | 34%        |
|                                         | > 2º - 4º     | 8     |            |
|                                         | > 4º - 6º     | 7     |            |
|                                         | > 6º - 8º     | 6     |            |
|                                         | > 8º - 10º    | 5     |            |
|                                         | > 10º         | 1     |            |
| Localização dos acidentes com ciclistas | 0 - 50m       | 9     | 33%        |
|                                         | > 50m - 250m  | 8     |            |
|                                         | > 250m - 500m | 7     |            |
|                                         | > 500 m       | 2     |            |
| Localização dos paraciclos              | 0 - 50m       | 9     | 33%        |
|                                         | > 50m - 200m  | 8     |            |
|                                         | > 200m - 400m | 6     |            |
|                                         | > 400m        | 1     |            |

Fonte: Autores.

\* Valores maiores indicam maiores adequabilidades

### 3. RESULTADOS

A Tabela 3 retrata os cenários gerados a partir da extração de dados de fatores e restrição das vias arteriais selecionadas anteriormente e verificados setores censitários e população beneficiada com a implantação da ciclovia. Para cada cenário obteve-se o comprimento de ciclovias a ser implantado. Os custos estimados de construção e operação, bem como a fonte de financiamento são determinantes em decidir se alguma infraestrutura será construída e qual delas será construída. Uma vez que os custos estimados não são os primeiros critérios a serem analisados para a localização de uma ciclovia, estes dados também não estarão disponíveis durante a avaliação inicial das alternativas (UNITED STATES, 1979).

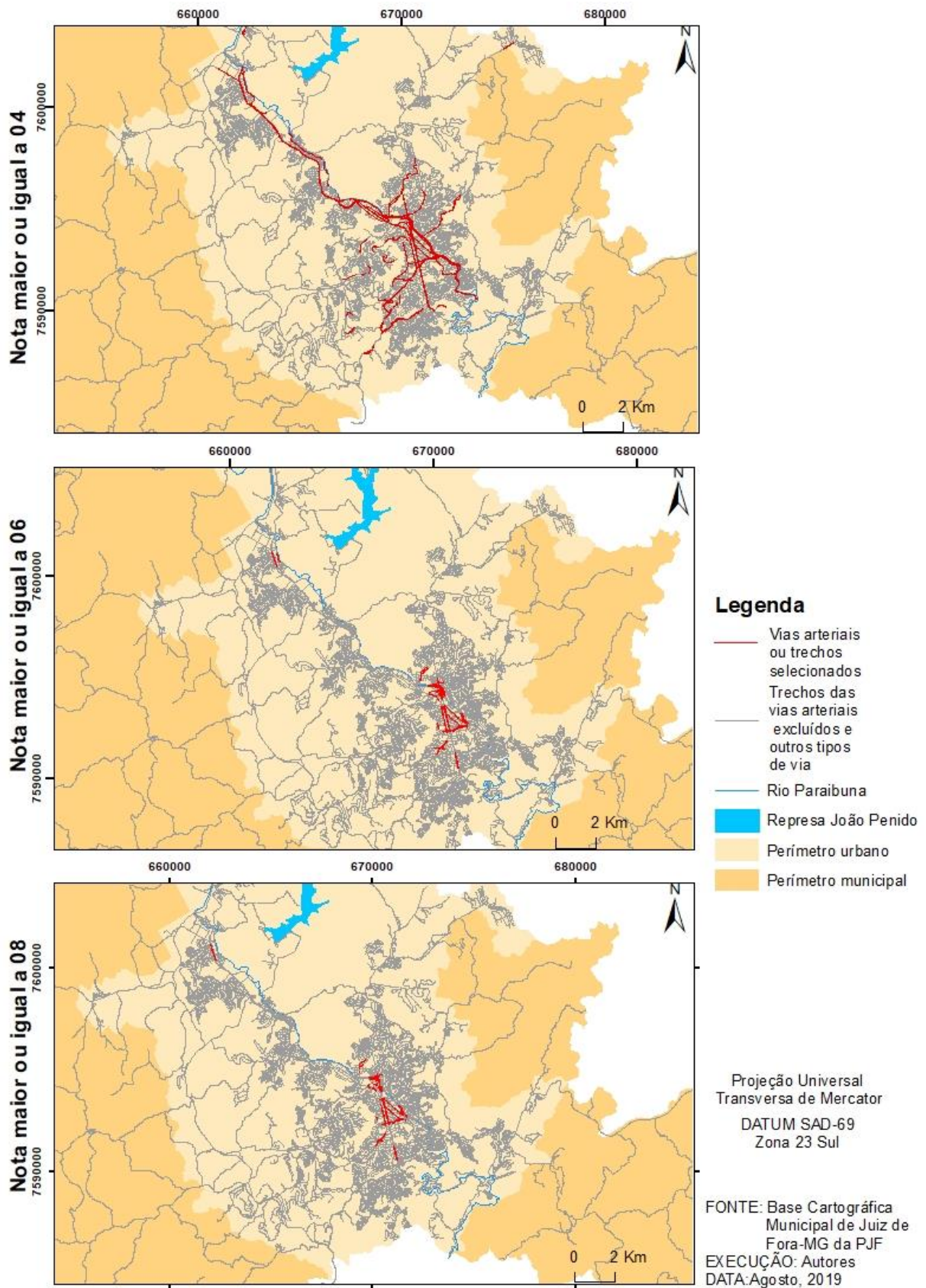
**Tabela 3 - Cenários propostos para a implantação de ciclovias.**

| Cenários | Nota | Setores censitários na área de influência | População beneficiada (nº hab) | % de população beneficiada em relação a população total | Comprimento total das ciclovias (m) | Número de vias a receberem ciclovia |
|----------|------|-------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1        | ≥ 4  | 55                                        | 345.447                        | 66,9%                                                   | 10.825                              | 19                                  |
| 2        | ≥ 6  | 18                                        | 122.123                        | 23,7%                                                   | 9.490                               | 15                                  |
| 3        | ≥ 8  | 16                                        | 121.654                        | 23,6%                                                   | 8.111                               | 14                                  |

Fonte: Autores.

A Figura 7 mostra os três cenários. A proposta é que todas as rotas cicláveis sejam instaladas em leito de via existente, com pintura contínua. Não foram levados em consideração questões referentes à iluminação especial nem paisagismo, que podem gerar um aumento considerável ao custo de implantação.

Figura 7 - Cenários para implantação de ciclovias.



Fonte: Base Cartográfica Municipal de Juiz de Fora - MG (JUIZ DE FORA, 2019).

Apesar do número de vias atendidas por ciclovias e população beneficiada serem menores no Cenário 3, essa foi a simulação que obteve a maior nota. As inclinações das vias analisadas são menores e/ou já existem infraestruturas cicloviárias na região. Além disso, há maiores relatos de acidentes com bicicletas na localidade.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos cenários apresentados percebe-se que numa mesma via trechos estão caracterizados com pesos diferentes. Cabe então antes de proceder a proposta final para implantação verificar o número de ciclistas que circulam em cada trecho de forma a verificar entre as vias apresentadas quais atenderão de forma mais eficiente as necessidades dos ciclistas. É necessário verificar as condições de conectividade para os trechos encontrados, garantindo uma maior mobilidade ao ciclista ao serem criadas redes cicloviárias. As vias que apresentam maiores índices de acidentes envolvendo ciclistas, devem ser dotadas de espaços totalmente ou parcialmente segregados. O nível de acidentes, além de ser indicativo do nível de segurança viária, também remete a questão da demanda de ciclistas.

Especificamente no caso do Brasil, a implantação de uma ciclovia ou ciclofaixa pode ocorrer sem a presença de uma grande demanda de ciclistas, seja para adequar ou criar uma rede cicloviária ou simplesmente para incentivar o uso da bicicleta, uma vez que quando questionadas as pessoas normalmente dizem que não usam bicicleta por falta de um espaço próprio para circulação. Outro ponto a ser verificado é a disponibilidade de verba para implantação de uma infraestrutura em favor do ciclista.

A metodologia apresentada é simples e de fácil utilização, podendo ser replicada em outras cidades de pequeno e médio porte. No caso de Juiz de Fora ela serviu para nortear quais são os trechos com maior necessidade de implantação.

Finalmente é importante ressaltar que estes critérios atuam apenas como orientação embrionária de localização e implantação de ciclovias, não gerando necessariamente uma resposta definitiva. E, sempre que possível, todos estes critérios devem ser verificados, o que exige uma boa coleta de dados para se obter uma melhor efetividade da utilização dos mesmos. Mas invariavelmente nenhum destes critérios substitui completamente "[...] a criatividade dos projetistas ao combinar técnicas com oportunidades existentes nos espaços urbanos, adequando-os às necessidades da circulação dos ciclistas [...]" (BRASIL, 2007).

## AGRADECIMENTOS

4ª Região da Polícia Militar de Juiz de Fora / Minas Gerais, Secretarias de Planejamento e Gestão e de Transporte e Trânsito, da Prefeitura de Juiz de Fora e ONG MobiliCidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, T.; BREDAL, F.; WEINREICH, M.; JENSEN, N.; RIISGAARD-DAM, M.; NIELSEN, M. K. **Collection of cycle concepts 2012**. København: Cycling Embassy of Denmark, 2012. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/cycling-guidance/collection-of-cycle-concepts.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 set. 1997, Seção 1, p. 21203. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9503.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm)>. Acesso em: 20 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Diário Oficial da União**, Brasília, 04 jan. 2012, Seção 1. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm)>. Acesso em: 13 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. **Caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade por bicicleta nas cidades**. Brasília: ministério das Cidades, 2007. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/LivroBicicletaBrasil.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. **Manual de Planejamento Cicloviário**. Brasília: Ministério dos Transportes, 2001. Disponível em: <[https://docs.google.com/file/d/0BxR5Ri6g5X\\_ZTXVWS3pyVUdPdDA/edit?pli=1](https://docs.google.com/file/d/0BxR5Ri6g5X_ZTXVWS3pyVUdPdDA/edit?pli=1)>. Acesso em: 01 abr. 2019.

GONDIM, M. F. **Cadernos de Desenhos**: ciclovias. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2010. Disponível em: <[http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2010/01/24%20-%20BRASIL\\_Caderno%20de%20Desenho\\_Ciclovias.pdf](http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2010/01/24%20-%20BRASIL_Caderno%20de%20Desenho_Ciclovias.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2019.

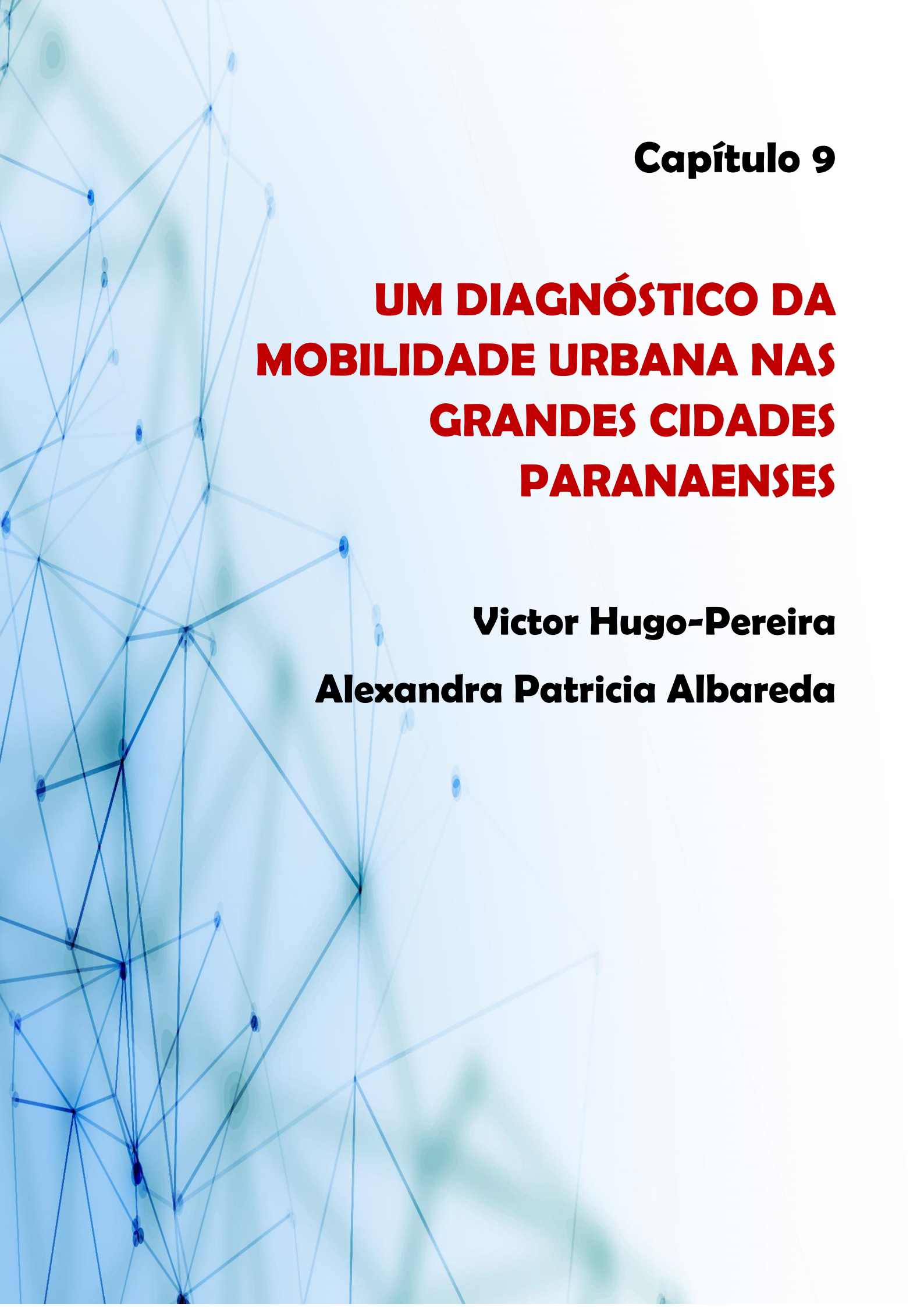
JUIZ DE FORA. Prefeitura Municipal. **Base Cartográfica Municipal de Juiz de Fora – MG**, 2019. Escala: 1:45:000.

\_\_\_\_\_. Lei Municipal nº 12.726, de 20 de dezembro de 2012 que institui o Plano Diretor Ciclovitário Integrado. **Diário Oficial do Município de Juiz de Fora**, Juiz de Fora, 25 jan. 2013.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: FUNALFA Edições, 2004.

THE SIGNIFICANCE of non-motorised transport for developing countries: strategies for policy development, I-CE interface for cycling expertise. Utrecht: [s. n.], 2000. Disponível em: <[http://siteresources.worldbank.org/INTURBANTRANSPORT/Resources/non\\_motor\\_i-ce.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTURBANTRANSPORT/Resources/non_motor_i-ce.pdf)>. Acesso em 20 abr. 2019.

UNITED STATES. Department of Transportation. **A bikeway criteria digest**: the ABCD's of bikeways. Washington: FHA, 1979. Disponível em: <<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015075346984&view=1up&seq=11>>. Acesso em: 01 abr. 2019.



## **Capítulo 9**

# **UM DIAGNÓSTICO DA MOBILIDADE URBANA NAS GRANDES CIDADES PARANAENSES**

**Victor Hugo-Pereira**

**Alexandra Patricia Albareda**

## **UM DIAGNÓSTICO DA MOBILIDADE URBANA NAS GRANDES CIDADES PARANAENSES**

**Victor Hugo-Pereira**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Mestre em Planejamento e Governança Pública - Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças CEP 80230-901 - (41) 99263-5499 - e-mail: [vpereira@alunos.utfpr.edu.br](mailto:vpereira@alunos.utfpr.edu.br)

**Alexandra Patricia Albareda**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Mestre em Planejamento e Governança Pública - (41) 98803-2531 - e-mail: [alexandra.albareda@gmail.com](mailto:alexandra.albareda@gmail.com)

### **Resumo**

O Plano de Mobilidade Urbana - PMU, como instrumento de implementação da Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU promulgada em 2012, é obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes e para todos aqueles obrigados a elaborar Plano Diretor, sendo que o repasse dos recursos federais para melhoria da mobilidade está condicionado à implantação desse plano. A PNMU objetiva a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do município. No Paraná, todos os 399 municípios precisam elaborar seu plano diretor, o que significa que todos deveriam ter um plano de mobilidade urbana. Esta pesquisa pretende verificar a adoção dessa política nos 20 municípios mais populosos do estado, por meio de pesquisa documental em artigos, leis, relatórios e sítios eletrônicos institucionais relacionados ao tema, identificando a existência de PMU e os detalhes de sua implantação. Verificou-se no levantamento em 2019 que 25% dos municípios implantaram a PNMU e 60% estão com projetos em andamento, concluindo que apesar do ritmo de implantação do PMU no grupo dos municípios pesquisados estar acima da média nacional, verifica-se uma dificuldade técnica ou falta de engajamento governamental para essa política ser efetivamente empregada em benefício da população envolvida.

**Palavras-chave:** Mobilidade Urbana; Serviços Públicos; Políticas Públicas.

## **Introdução**

A crescente migração da população rural para as áreas urbanas tornou-se um fenômeno mundial. Na década de 1950 eram 30%; em 2018 são 55% e a projeção para 2050 é de 68% da população mundial vivendo em centros urbanos. Na América Latina e Caribe, essa taxa de urbanização é de 81%, valor semelhante ao da América do Norte e Europa (82% e 74%, respectivamente), e muito acima da verificada na Oceania (68%), Ásia (50%) e África (43%) (ONU, 2018).

Com relação ao Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE aponta que nos anos 1960 o país ainda era agrícola, com uma taxa de urbanização de apenas 44,7%, sendo que nos anos 1990 essa taxa saltou para 75,59% chegando a 84,36% em 2010 (IBGE, 2010).

Em meio ao crescimento expressivo das cidades brasileiras verificado nas últimas décadas, faz-se necessário o uso de adequadas políticas públicas de desenvolvimento urbano, tais como planos diretores e setoriais, em especial, os planos de mobilidade urbana (SILVA, 2017).

A Constituição Federal do Brasil estabeleceu a competência da União em instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos, com o objetivo de promover o crescimento sustentável e o direito à cidade (BRASIL, 1988).

Porém, apenas após doze anos da promulgação da Carta Magna de 1988, as diretrizes para desenvolvimento urbano vieram a ser regulamentadas pelo chamado Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001), estabelecendo o direito ao transporte como componente essencial para o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana.

Contudo, diante da crescente frota de veículos e da precariedade da infraestrutura de mobilidade, o Brasil alinhou-se à política internacional de mobilidade para transferência de experiências, conhecimento e consolidação dos pactos sociais dos planos de mobilidade urbana sustentáveis das cidades europeias para as brasileiras (MACHADO, 2018), surgindo assim a Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU (BRASIL, 2012), como política setorial complementar ao Estatuto das Cidades.

A PNMU objetiva a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do

Município, contribuindo para o acesso universal à cidade, o fomento e a concretização das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano, por meio do planejamento e da gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012).

O Plano de Mobilidade Urbana - PMU, como instrumento de implementação da PNMU, é obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes e para todos aqueles obrigados a elaborar plano diretor, sendo que o repasse dos recursos federais para melhoria da mobilidade urbana estão vinculados à implantação desse plano (BRASIL, 2001; BRASIL, 2012).

Um levantamento realizado em 2016 pela Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana - SeMob, do Ministério das Cidades, com 3.341 municípios do país, apontou que apenas 195 dos municípios que responderam informaram ter Plano de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2018).

O estado do Paraná, com uma população de mais de 10 milhões conforme o último censo de 2010 e com uma projeção de ultrapassar os 11,5 milhões em 2020, é atualmente o sexto estado brasileiro em número de habitantes (IBGE, 2018), sendo que a sua participação na economia nacional em 2015 foi de 6,3%, o que o torna o estado que mais aumentou a participação no Produto Interno Bruto (PIB) da nação (IBGE, 2015). Considerando esses fatos, a PNMU ganha suma importância para seus municípios, como gerador de desenvolvimento sustentável e qualidade de vida aos munícipes.

No Paraná, todos os 399 municípios precisam elaborar seu plano diretor, o que significa que todos deveriam ter um plano de mobilidade urbana. Até 2013, 368 municípios tinham plano diretor, 29 estavam em fase de elaboração e dois não tinham (IBGE, 2013). Com relação à pesquisa da SeMob, dos 399 municípios do estado, 236 não responderam e 147 afirmaram não ter elaborado o Plano, restando 16 municípios que confirmaram já possuir um PMU.

Considerando a importância da implementação do PMU e os dados verificados no estado do Paraná, busca-se verificar no presente artigo quantos municípios paranaenses com mais de 100.000 habitantes efetivamente elaboraram e implementaram seu PMU, tendo como objetivos a caracterização do PMU e o levantamento dos municípios paranaenses que implantaram o plano e dos que não o fizeram, de forma a subsidiar futuras pesquisas regionais sobre o assunto.

Justifica-se o recorte em razão do adensamento populacional destes municípios no estado do Paraná que, segundo o IBGE (2018), são as 20 cidades paranaenses com mais de 100 mil habitantes, totalizando 5.846.283 habitantes (52% da população projetada do estado em 2016).

Para consecução dos objetivos propostos foi adotada como metodologia a pesquisa bibliográfica e documental, com foco em artigos, leis e relatórios que orbitam ao redor do tema Mobilidade Urbana, além de análise de dados secundários. O levantamento de dados foi realizado também por meio de consulta nos sítios eletrônicos das prefeituras e câmaras de vereadores dos municípios, de forma a verificar a implantação da PNMU nos 20 municípios paranaenses mais populosos.

### **Diagnóstico, Proposições e Resultados**

O conceito de Mobilidade é relativamente novo, geralmente acompanhado do paradigma do desenvolvimento sustentável que surgiu no final da década de 1980. Mobilidade vêm a substituir o termo “transporte”, haja vista ser mais abrangente, passando a ideia de deslocamento de pessoas e considerando também os meios de locomoção não motorizados (MACHADO, 2018).

A Mobilidade entra em choque com o pensamento dicotômico clássico entre espaços públicos e espaços de circulação, no qual esse último tem caráter essencialmente mecânico atribuído às redes de transporte, reduzidas à função de circulação. Com o advento da perspectiva do usuário nos problemas de transporte, a Mobilidade passou a ser vista como um direito à cidadania (PINTO, 2017).

A Mobilidade Urbana surge como conceito de deslocamento de pessoas e bens dentro dos espaços das cidades (RÉ, 2018; SILVA, 2017; MACHADO, 2018; PINTO, 2017; FERRAZ, 2017), com ênfase no indivíduo em detrimento aos veículos e tornando o direito à cidade acessível a todos.

Com a urbanização, o aumento da densidade populacional diminuiu os espaços de circulação, que também foram prejudicados com o uso intensivo de meios de transporte movidos a combustão (LERNER apud FERRAZ, 2017), trazendo a necessidade de melhor planejamento da mobilidade nas cidades.

Com o processo da redemocratização iniciado no fim da década de 1980, começa a surgir preocupação com o desenvolvimento das cidades e, conseqüentemente, com a mobilidade, inicialmente com a Carta Magna, depois por meio de leis, princípios e diretrizes, como o Estatuto da Cidades.

**Tabela 1 - Síntese da legislação que aborda o tema mobilidade urbana**

| Legislação                   | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constituição Federal de 1988 | Institui as diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos (Art. 21) e aborda a Política Urbana nos artigos 182 e 183, em especial quanto ao pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantia do bem-estar de seus habitantes. |
| Estatuto das Cidades         | Lei nº 10.257/2001: Regulamenta as diretrizes gerais da Política Urbana, por meio do Plano Diretor, no qual há previsão de elaboração de plano de transporte urbano integrado.                                                                                                                       |
| PNMU                         | Lei nº 12.597/2012: Estabelece o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana - SNMU, com os modos, serviços de transporte e infraestruturas de mobilidade urbana.                                                                                                                                          |
| Estatuto da Metrópole        | Lei nº 13.089/2015: Complementa o PNMU quanto às cidades gêmeas localizadas na faixa de fronteira com outros países.                                                                                                                                                                                 |

Fonte: elaboração própria (2019).

Em caráter complementar, o Plano Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU traz o conceito de Mobilidade Urbana Sustentável, proveniente da Comunidade Europeia, com o objetivo de ampliar a acessibilidade à cidade, privilegiando meios de transporte coletivos e não motorizados, em detrimento dos veículos movidos à combustão.

**Tabela 2 - Síntese do Plano Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012)**

| Artigo  | Descrição                                                                                                                               |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1º e 2º | Descreve os objetivos gerais da Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU.                                                          |
| 3º      | Estabelece o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana - SNMU, com os modos, serviços de transporte e infraestruturas de mobilidade urbana. |
| 4º      | Definições gerais da lei.                                                                                                               |
| 5º      | Estabelece princípios da PNMU.                                                                                                          |
| 6º      | Estabelece diretrizes da PNMU.                                                                                                          |
| 7º      | Complementa os objetivos da PNMU.                                                                                                       |
| 8º e 9º | Abordam sobre a política tarifária e o regime econômico-financeiro dos Serviços de Transporte Público Coletivo - STPC.                  |
| 10      | Estabelece a licitação como meio de contratação dos serviços de STPC.                                                                   |
| 11      | Atribui competência quanto aos serviços de transporte privado coletivo.                                                                 |
| 11-A/B  | Aborda sobre competência e regulamentação dos serviços de transporte privado individual.                                                |
| 12      | Aborda sobre os serviços de utilidade pública de transporte individual de passageiros - táxi.                                           |
| 13      | Estabelece as competências de fiscalização do STPC.                                                                                     |
| 14      | Descreve os direitos dos usuários do SNMU.                                                                                              |
| 15      | Assegura a participação da sociedade civil no planejamento, fiscalização e avaliação na PNMU.                                           |
| 16 a 20 | Estabelece as atribuições da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal.                                                  |
| 21      | Estabelece as diretrizes básicas para o planejamento, a gestão e a avaliação dos sistemas de mobilidade urbana                          |
| 22      | Estabelece as atribuições mínimas dos órgãos gestores de mobilidade urbana.                                                             |
| 23      | Descreve instrumentos de gestão do sistema de transporte e da mobilidade urbana.                                                        |
| 24      | Estipula o Plano de Mobilidade Urbana - PMU como instrumento de efetivação do PNMU.                                                     |
| 25      | Aborda o planejamento orçamentário e financeiro do PNMU.                                                                                |
| 26      | Aborda aplicabilidade do PNMU no transporte intermunicipal, interestadual e internacional de caráter urbano.                            |

| Artigo | Descrição                    |
|--------|------------------------------|
| 27     | Vetado                       |
| 28     | <i>Vacatio legis</i> da lei. |

Fonte: Lei nº 12.587/2012

Pode-se destacar no PNMU o direito à acessibilidade universal, à gestão democrática participativa, a indução do desenvolvimento sustentável, os instrumentos de gestão de transporte e mobilidade e a introdução do Plano de Mobilidade Urbana.

A acessibilidade universal, segundo o SeMob (2018), é um importante fator de inclusão social e democratização, pois permite a todos, em especial aos portadores de deficiências e pessoas com mobilidade reduzida, o acesso aos bens e serviços que a cidade oferece. Segundo o IBGE (2010), 23,94% da população brasileira é portadora de algum tipo de deficiência (visual, auditiva, motora ou mental).

A gestão democrática participativa e controle social surge como instrumento que estimula o exercício de cidadania e visa aumentar a efetividade das políticas de governo e diminuir a ineficiência da administração pública (SeMob, 2018). É o ciclo de informar, consultar, envolver e empoderar o cidadão nos temas que interferem em sua vida.

A indução do desenvolvimento sustentável objetiva o crescimento saudável das cidades, reduzindo as viagens motorizadas, priorizando o transporte público coletivo e empregando inovações tecnológicas e energia limpa (SeMob, 2018), melhorando a qualidade de vida de seus munícipes.

A PNMU elenca a possibilidade de utilização de alguns instrumentos de gestão de transporte e mobilidade para o atendimento de seus objetivos, como a restrição e controle de acesso e circulação, a estipulação de padrões de emissão de poluentes e utilização de subsídio cruzado para financiar o transporte público coletivo e transporte não motorizado.

O Plano de Mobilidade Urbana - PMU é o instrumento de implementação local da PNMU, contemplando diversos itens, como os serviços de transporte público coletivo, disciplinamento do transporte de carga e áreas de estacionamento público e privado.

O PMU deve ser elaborado por municípios com mais de 20.000 habitantes e em todos que são obrigados a ter plano diretor, sob o risco de ficar impedido de receber recursos orçamentários federais destinados à mobilidade urbana. Após

seguidas prorrogações, o prazo máximo para implantação do PMU é abril de 2019 (BRASIL, 2015; BRASIL, 2018).

Segundo o SeMob (2018), as fontes de recursos federais para os programas de mobilidade urbana são o Programa Pró-Transporte e o Programa 2048 – Mobilidade Urbana e Trânsito, sendo aquele recurso oneroso por meio do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS e este proveniente do Orçamento Geral da União – OGU do Ministério das Cidades.

A fim de colaborar para a implementação do PNMU, o SeMob elaborou diversas cartilhas e manuais temáticos a serem utilizados pelos municípios, muitos nos quais há carência de equipes técnicas especializadas (RÉ, 2018).

Dos 399 municípios do estado do Paraná, apenas 16 (4%) afirmaram possuir Plano de Mobilidade Urbana em pesquisa realizada pela SeMob (2018). Considerando que o prazo para implementação do PMU vence em 2019, torna-se essencial verificar a existência do plano nos municípios que não responderam a SeMob.

O preocupante é essa aparente falta de interesse, uma vez que o município não é obrigado a ter um PMU, a menos que queira receber recursos do Orçamento Geral da União (OGU). Isso pode revelar uma carência técnica dos municípios, podendo inferir que não há uma adequada gestão por parte dos atores políticos, o que prejudica sobremaneira a população e o desenvolvimento das regiões.

A Tabela 3 informa quais são os 20 municípios do Paraná com mais de 100 mil habitantes analisados quanto à adoção na Política Nacional de Mobilidade Urbana. Em caráter informativo, os dados de produto interno bruto (PIB) per capita são informados por município, podendo se diagnosticar que 13 deles estão acima da média nacional, de R\$ 30.407 (IBGE, 2019).

**Tabela 3 - Municípios Paranaenses com mais de 100 mil habitantes**

| Município           | População<br>estimada em 2018 | PIB per capita (2016) |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Almirante Tamandaré | 117.168                       | R\$ 12.234,31         |
| Apucarana           | 133.726                       | R\$ 22.541,31         |
| Arapongas           | 121.198                       | R\$ 34.462,70         |
| Araucária           | 141.410                       | R\$ 125.341,73        |
| Cambe               | 105.704                       | R\$ 34.469,94         |
| Campo Largo         | 130.091                       | R\$ 30.318,28         |
| Cascavel            | 324.476                       | R\$ 34.106,93         |
| Colombo             | 240.840                       | R\$ 19.883,10         |

| Município            | População<br>estimada em 2018 | PIB per capita (2016) |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Curitiba             | 1.917.185                     | R\$ 44.239,20         |
| Foz do Iguaçu        | 258.823                       | R\$ 50.727,72         |
| Guarapuava           | 180.334                       | R\$ 29.319,05         |
| Londrina             | 563.943                       | R\$ 33.374,97         |
| Maringá              | 417.010                       | R\$ 39.996,43         |
| Paranaguá            | 153.666                       | R\$ 54.723,35         |
| Pinhais              | 130.789                       | R\$ 41.998,58         |
| Piraquara            | 111.052                       | R\$ 10.678,89         |
| Ponta Grossa         | 348.043                       | R\$ 38.035,14         |
| São Jose dos Pinhais | 317.476                       | R\$ 66.531,31         |
| Toledo               | 138.572                       | R\$ 40.433,37         |
| Umuarama             | 110.590                       | R\$ 28.924,83         |

Fonte: IBGE (2019).

Após a identificação dos sítios eletrônicos das prefeituras e das câmaras de vereadores do recorte de municípios da pesquisa, realizou-se a busca pela implantação de planos de mobilidade urbana e, se houve algum encaminhamento/estudo no sentido favorável de implementação da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

Foram encontradas 5 cidades com o PMU efetivamente implantados, com a realização de estudos técnicos, consultas públicas, processo legislativo e sanção do chefe do executivo local, conforme informação da Tabela 4.

**Tabela 4 - Municípios com Plano de Mobilidade Urbana implantado**

| Município           | Previsão legal                           | Consultoria                                             |
|---------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Almirante Tamandaré | Lei Complementar nº 039/2015 de 14/05/15 | Informação não disponível                               |
| Apucarana           | Lei Complementar nº 05/2015 de 05/11/15  | Pullin Consult (20/10/15)                               |
| Arapongas           | Lei Complementar nº 014 de 06/07/17      | Edson Marchioro Arquitetura, Urbanismo E Engenharia S/S |
| Araucária           | Lei Complementar nº 14/2018 de 23/04/18  | Vertrag Planejamento Ltda                               |
| Toledo              | Lei nº 2.257 de 25/04/18                 | Gasini Projetos Consultoria e Treinamentos              |

Fonte: elaboração própria, com base nos dados públicos dos municípios (2019).

Outras 12 cidades estão realizando a implantação da PNMU em diferentes estágios de desenvolvimento e, a maior parte delas, recorrendo a consultorias de engenharia para a realização dos estudos.

**Tabela 5 - Municípios com Plano de Mobilidade Urbana em implantação**

| Município     | Estágio de implantação                           |                                                                 |                                                       |                                                          |
|---------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|               | Autorização para seleção de entidade de pesquisa | Entidade selecionada para estudos                               | Formulação de proposta de PMU concluída pela entidade | Proposta de PMU em consulta pública/processo legislativo |
| Cambe         | Sim                                              | ITEDES – Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Social       | Sim                                                   | -                                                        |
| Campo Largo   | Sim                                              | -                                                               | -                                                     | -                                                        |
| Cascavel      | Sim                                              | -                                                               | -                                                     | -                                                        |
| Curitiba      | Sim                                              | Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) | -                                                     | -                                                        |
| Foz do Iguaçu | Sim                                              | Parque Tecnológico Itaipu (PTI)                                 | Sim                                                   |                                                          |
| Guarapuava    | Sim                                              | Urbtec Planejamento e Consultoria                               | -                                                     | -                                                        |
| Londrina      | Sim                                              | Logit Engenharia Consultiva Ltda                                | -                                                     | -                                                        |
| Maringá       | Sim                                              | -                                                               | -                                                     | -                                                        |
| Paranaguá     |                                                  | Estudo elaborado pela prefeitura                                | Sim                                                   | Sim                                                      |
| Pinhais       | Sim                                              | -                                                               | -                                                     | -                                                        |
| Ponta Grossa  | Sim                                              | Urbtec Engenharia, Planejamento e Consultoria                   | -                                                     | -                                                        |
| Umuarama      | Sim                                              | Gasini Projetos Consultoria e Treinamentos                      | Sim                                                   | Sim                                                      |

Fonte: elaboração própria, com base nos dados públicos dos municípios (2019).

Três dos municípios selecionados para este estudo não apresentaram ostensivamente a implantação de plano de mobilidade urbana: Colombo, Piraquara e São José dos Pinhais. Colombo está em processo de revisão de seu Plano Diretor, documento base para a formulação de planos setoriais, como o plano de mobilidade urbana, mencionado como objetivo a ser alcançado após a conclusão do novo Plano Diretor.

Piraquara e São José dos Pinhais não mencionam em seus sítios eletrônicos a intenção de implantação de PMU, sendo que ambas (além de Colombo) são diretamente contíguas à capital do estado do Paraná (Curitiba) e tendo intensa movimentação de pessoas no transporte diário pendular, impactando no desenvolvimento socioeconômico local.

Colombo e Piraquara são dois dos três municípios do recorte de pesquisa com os mais baixos PIB per capita, revelando a urgência na implantação da PNMU a fim de atender os interesses da população local, majoritariamente usuária de meios de transporte não motorizado e coletivo.

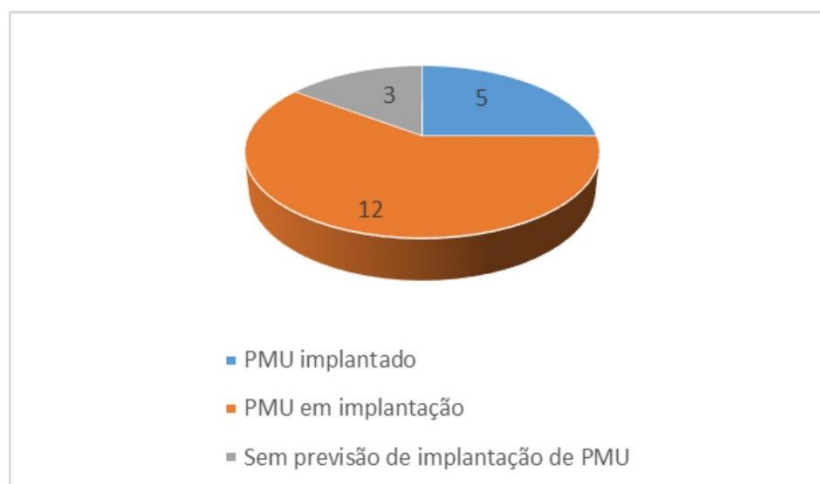


Figura 1 – Resultados encontrados  
Fonte: elaboração própria (2019).

Dessa forma, o levantamento mostra que, dos vinte municípios, 25% já implantaram a Política Nacional de Mobilidade Urbana, 60% estão elaborando o PMU e 15% ainda não demonstraram ações de implantação (Figura 1).

## Conclusões

A urbanização surge como um processo crescente e irreversível, sendo esse um assunto multissetorial e de interesse de todos. Com a ênfase no desenvolvimento sustentável, o Estado brasileiro vem apresentando diversas políticas setoriais visando o crescimento econômico aliado ao direito a cidade e à qualidade de vida de seus habitantes.

A Política Nacional de Mobilidade Urbana é a política setorial que objetiva ampliar a acessibilidade à cidade, privilegiando meios de transporte coletivos e não motorizados, estimulando a participação e controle social e com apoio técnico e financeiro do Governo Federal.

Contudo, verifica-se que a maior parte dos municípios brasileiros suscetíveis a esta política não vem apresentando interesse ou engajamento na implantação do PNMU, o que pode vir a prejudicar a qualidade de vida e o direito à cidade de seus munícipes.

No caso paranaense, no recorte dos 20 maiores municípios se verificam basicamente três situações: cidades que já implantaram o PMU, cidades que estão elaborando seus planos e cidades que ainda não demonstraram engajamento a essa política.

A nítida vantagem de implantar o PMU é a possibilidade de obter recursos e financiamentos voltados para a melhoria da mobilidade urbana, bastando apresentar propostas ao Orçamento Geral da União, ao SeMob ou por meio de emendas parlamentares.

Outrossim, verificou-se que grande parte dos municípios que implantaram ou estão elaborando o PMU tiveram que recorrer a consultorias especializadas em planejamento urbano para seu desenvolvimento, o que pode demonstrar ora a inadequada gestão dos atores políticos, ora a carência por profissionais qualificados nos quadros técnicos das prefeituras.

Dentre as limitações deste estudo há verificação das informações apenas por sítios eletrônicos, algo que pode vir a ser complementado por meio de aplicação de entrevistas ou formulários em trabalho posterior, sendo que nessas opções, existe a possibilidade de enriquecer as respostas com o questionamento das dificuldades enfrentadas pelos municípios para implementação das políticas de mobilidade urbana. Sendo assim, sugere-se estudos futuros sobre a problemática da elaboração do PMU nos municípios brasileiros.

## **Referências Bibliográficas**

BRASIL. *Constituição Federal de 1988*. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)> Acesso em 10 jul. 2018.

BRASIL. *Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências*. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm)> Acesso em 10 jul. 2018.

BRASIL. *Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nos 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências*. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm)> Acesso em 10 jul. 2018.

BRASIL. *Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências*. Diário

Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 jan. 2015. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13089.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13089.htm)> Acesso em 10 jul. 2018.

BRASIL. *Lei nº 13.683, de 19 de junho de 2018. Altera as Leis nos 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), e 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.* Diário Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 jun. 2018. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/Lei/L13683.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Lei/L13683.htm)> Acesso em 10 jul. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Levantamento sobre a situação dos Planos de Mobilidade Urbana nos municípios brasileiros.* Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/component/content/article?id=4398>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

FERRAZ, I. S. GOMES, N. S.; et al. Avaliação do uso da primeira Via Calma em Curitiba/PR para ciclomobilidade. *Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)*, 2017 maio/ago., 9(2), 341-353

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Censo demográfico 2010.* Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. *Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2013.* Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil\\_Municipios/2013/pdf/tab14.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/pdf/tab14.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Sistema de Contas Regionais 2015.* Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Conheça Cidades e Estados do Brasil.* Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

LERNER, J. (2013). Prólogo à edição brasileira. In J. GEHL. *Cidades para pessoas* (2. ed.). São Paulo: Perspectiva.

MACHADO, Laura; PICCININI, Livia S. Os desafios para a efetividade da implementação dos planos de mobilidade urbana: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Gestão Urbana. (Brazilian Journal of Urban Management)*, 2018 jan/abr., 10(1), 72-94

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. *World urbanization prospects: the 2018 revision: Key facts.* New York: United Nations. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>>

PINTO, Ana M. A.; Ribeiro, L.P. Espaços públicos e mobilidade urbana: uma análise comparada dos arranjos normativos de Bogotá (Colômbia) e do Rio de Janeiro (Brasil). Cuadernos de Geografía. *Revista Colombiana de Geografía*. Vol.26, nº1 ene-jun. del 2017

RÉ, Eduardo S.; OLIVEIRA, Vanessa E. Cooperação intergovernamental na política de mobilidade urbana: o caso do Consórcio Intermunicipal do ABC. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 2018 jan/abr., 10(1), 111-123.

SECRETARIA NACIONAL DE TRANSPORTE E DA MOBILIDADE URBANA – SEMOB. *Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana*. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSE/planmob.pdf>> Acesso em: 31 jul. 2018.

SILVA, Marcos V.G.; Peron, Amanda C. P.; et al. O Plano de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado no Município de Curitiba: uma análise das políticas públicas de acessibilidade. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, Curitiba, v.38, n.132, p.149-162, jan/jun. 2017.



## **Capítulo 10**

# **CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS OCORRIDOS EM LOCAIS CRÍTICOS DE ACORDO COM O RISCO ASSOCIADO À RODOVIA**

**Tiago Augusto Pianezzer**

**Camila Belleza Maciel Barreto**

**Valter Zanela Tani**

**Amir Mattar Valente**

## **CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS OCORRIDOS EM LOCAIS CRÍTICOS DE ACORDO COM O RISCO ASSOCIADO À RODOVIA**

**Tiago Augusto Pianezzer<sup>1</sup>**

Mestre em Engenharia de Transportes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro Civil do Departamento de Segurança Viária e Engenharia de Tráfego do Laboratório de Transporte e Logística, da Universidade Federal de Santa Catarina - LabTrans/UFSC.

**Camila Belleza Maciel Barreto<sup>2</sup>**

Doutora em Engenharia Civil, na área de concentração "Infraestrutura e Gerência Viária" na Universidade Federal de Santa Catarina. Coordenadora de Segurança Viária do Laboratório de Transportes e Logística, da Universidade Federal de Santa Catarina - LabTrans/UFSC.

**Valter Zanela Tani<sup>3</sup>**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Gerente de planejamento de transportes da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária – FAPEU. Coordenador Técnico do Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina - LabTrans/UFSC.

**Amir Mattar Valente<sup>4</sup>**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina junto ao curso de

---

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia de Transportes, Universidade Federal de Santa Catarina (tiago.pianezzer@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (camilabmaciel@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (vztani@gmail.com)

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (amir.ecv@gmail.com)

Engenharia Civil na UFSC e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. Pesquisador de Desenvolvimento Tecnológico, nível 2 do CNPq. Coordenador Geral do Laboratório de Transportes e Logística, da Universidade Federal de Santa Catarina - LabTrans/UFSC.

## **RESUMO**

Os acidentes de trânsito são considerados globalmente como a 8ª maior causa de morte, visto que ocorrem aproximadamente 1,35 milhão de óbitos anualmente. Este estudo utilizou as técnicas geoestatísticas Moran's I e Getis Ord Gi\* para identificação de pontos críticos de acidentes vinculado ao risco da rodovia, calculado pela metodologia IRAP. Foram identificados 3 agrupamentos de acidentes em segmentos de alto risco e 2 agrupamentos de acidentes em segmentos de baixo risco, totalizando 46 ocorrências. Tais acidentes apresentaram: maior quantidade sem vítimas em locais com baixo risco e de vítimas fatais em locais com maior risco; predominância de causas comportamentais, independente do risco da rodovia; maior quantidade envolvendo somente um veículo nos agrupamentos de alto risco. Foi possível identificar a importância de cada elemento dos sistemas seguros – usuário, via e veículo, associados a velocidades seguras – e evidenciar a necessidade de se considerar o conceito de rodovias que perdoam nas questões de segurança viária.

**PALAVRAS-CHAVE:** Segurança Viária, Metodologia IRAP, Acidentes Rodoviários, Análises Espaciais.

## **ABSTRACT**

Traffic accidents are considered the 8th leading cause of the death worldwide, since about 1.35 million deaths occurs annually. This study used Geostatistics techniques, such as Moran's I and Getis Ord Gi\*, in order to identify traffic accidents' black spots linked to highway risk, which was estimated by IRAP methodology. It was identified 3 clusters of accidents in high risk segments and 2 clusters of accidents in a low risk segments, which covered 46 traffic accidents. Such accidents presented: less casualties in low risk clusters and more fatalities in high risk clusters; prevalence of behavior reason, regardless of highway risk; and prevalence of single vehicle crashes in high risk clusters. It was possible to identify the importance of each safe system' parts – users, highways and vehicles, associated with safe speed choices – and, mainly, to highlight the necessity of considering the concept of forgiving highways in road safety management.

**KEYWORDS:** Traffic Safety, IRAP Methodology, Traffic Accidents, Spatial Analysis.

## **INTRODUÇÃO**

Cerca de 1,35 milhão de óbitos que ocorrem todos os anos globalmente são relativos aos acidentes de trânsito, fazendo com que esse problema seja considerado como a 8ª maior causa de morte no mundo (OMS, 2018). Entende-se que os acidentes não são responsabilidade exclusiva do usuário, e sim consequência da interação dos elementos que compõem a abordagem de sistemas seguros: usuário,

veículos e vias. Tal abordagem, conforme o *World Resources Institute* (WRI, 2018), se baseia no princípio de que os erros humanos são inevitáveis e que “o sistema viário deveria ser projetado de tal forma que o erro humano não leve a um resultado grave nem fatal”, ficando conhecido como “rodovias que perdoam”. Ainda mais, para avaliar a questão da segurança das vias, a metodologia iRAP (*International Road Assessment Programme*) (iRAP, 2014), é uma metodologia preditiva que avalia o risco que cada local da rodovia oferece ao usuário.

Nesse contexto, esse artigo objetiva identificar os agrupamentos de acidentes baseado no valor de risco da rodovia vinculado a cada local de ocorrência de acidente, de acordo com a metodologia iRAP. Os acidentes foram caracterizados conforme a severidade, a causa e o tipo dos mesmos, de acordo com seu agrupamento.

## REFERENCIAL TEÓRICO

No que tange a identificação de locais críticos de acidentes rodoviários, diversos métodos são encontrados na literatura, podendo diferir entre métodos de avaliação de risco da rodovia, estatísticos, multicritérios, numéricos ou espaciais.

Em específico aos métodos espaciais, Colak, Memisoglu, Erbas e Bediroglu (2018) utilizaram a técnica Getis Ord Gi\* em conjunto com a técnica *Network-KDE* para avaliar os acidentes rodoviários ocorridos em Rize, Turquia, ponderados pelo peso que cada ocorrência possuía em relação às outras ocorrências. Já Al-Ruzouq et al. (2019) avaliaram os acidentes ocorridos entre os anos de 2004 e 2013 na cidade de Harris, Estados Unidos da América. Para isso, os autores (2019) utilizaram 3 técnicas diferentes, Moran's I, Getis Ord Gi\* e KDE ponderando algumas características dos acidentes, tais como severidade, quantidade de veículos envolvidos, quantidade de faixas, período do dia e duração do acidente, entre outros. Outro tipo de método para identificar locais críticos de uma rodovia avalia os fatores de risco associados à rodovia que possam favorecer a ocorrência ou agravar a severidade de acidentes rodoviários. Como exemplo de utilização desse tipo de método, Shi et al. (2018) avaliaram um trecho de 4,5 km localizado em uma rodovia rural de Shanghai, China. Os autores (2018) avaliaram 4 aspectos da rodovia com diferentes pesos na determinação do risco da rodovia. São elas: geometria da via (0,22); condição do pavimento (0,24); condição da lateral da via (0,22); e sinalização viária (0,31). Com base nesses critérios e em uma escala de 1 a 4 pontos, foi possível classificar o segmento como seguro, avaliado entre 3 e 4 pontos; ou inseguro,

avaliado entre 1 e 3 pontos. Em específico à metodologia de avaliação de risco iRAP (2014), na qual o risco de uma rodovia é classificado por estrelas, sendo 1 estrela o maior risco e 5 estrelas o menor, podem ser encontrados na literatura alguns autores que avaliam o risco de uma rodovia, de acordo com a infraestrutura, como Bellos, Efsthadiadis, Gkremos e Leopoulos (2014) e Pianezzer (2019). Os primeiros autores (2014) apresentaram os resultados da avaliação pela metodologia iRAP de 340 km de duas rodovias gregas presentes na ilha de Creta, enquanto que Pianezzer (2019) aplicou a metodologia iRAP como um dos métodos para identificação de segmentos críticos em mais de 70 quilômetros de uma rodovia federal brasileira no Estado de Santa Catarina.

## METODOLOGIA

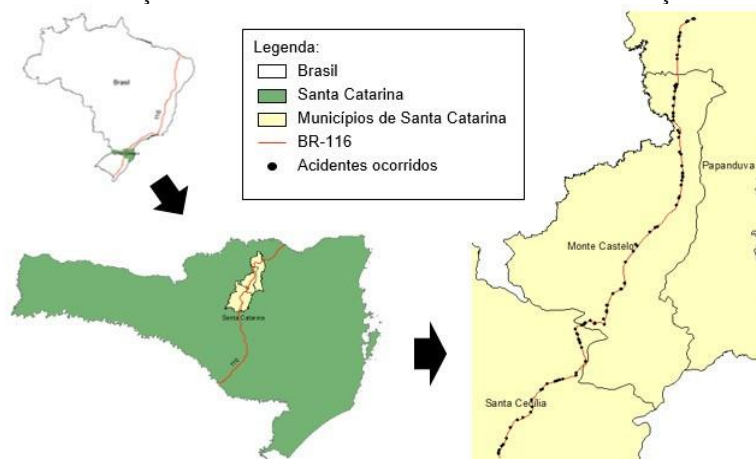
### Área de estudo

A rodovia selecionada para avaliar a ocorrência dos acidentes pelo viés do risco da rodovia foi a rodovia federal BR-116, a qual conecta os estados do Ceará ao Rio Grande do Sul. O segmento avaliado se encontra no estado de Santa Catarina (Figura 11), o qual se estende por 72,9 quilômetros, entre o km 59,8 e o km 132,7. Tal segmento abrange os municípios de Papanduva, Monte Castelo e Santa Cecília.

Em relação aos dados de acidentes ocorridos no segmento estudado, estes foram obtidos através da plataforma Dados Abertos da Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2020). Assim, no período entre os anos de 2017 e 2019, foram registradas 167 ocorrências, das quais 39 não tiveram vítimas, 117 tiveram vítimas feridas e 11 resultaram em vítimas fatais.

A localização da área de estudo e de cada ocorrência são apresentadas na Figura 11.

Figura 11 - Localização da área de estudo da BR-116 e localização dos acidentes



Fonte: O autor (2020)

### **Análise de risco da rodovia**

Nesse artigo foi realizada a avaliação de risco da rodovia de acordo com a metodologia iRAP (2014), a qual propõe uma classificação por estrelas, variando de 1 a 5 estrelas, baseada em *Star Rating Scores* (SRS). Tal classificação é atribuída a partir de faixas numéricas de risco, de acordo com o usuário analisado, ou seja, ocupante de veículo, motociclista, pedestre e ciclista. A metodologia se divide em 3 etapas principais, sendo elas: inspeção da rodovia e obtenção de dados de apoio; codificação dos atributos das vias; e obtenção dos resultados de classificação por estrelas e planos de investimento para vias mais seguras, gerados no ViDA - *software* online do iRAP. A primeira etapa da metodologia iRAP consistiu em realizar um levantamento de imagens da rodovia com um veículo equipado com uma câmera de boa resolução e que contasse com o registro de coordenadas geográficas para que as imagens dos segmentos da rodovia pudessem ser avaliadas a cada 20 metros. A etapa seguinte da metodologia consistiu em codificar mais de 50 atributos identificados nas imagens levantadas em campo, tais como severidade lateral, velocidade da via, condição do pavimento, entre outros. Tais atributos codificados foram avaliados no *software* ViDA para obtenção dos valores de SRS. Tais valores obtidos foram vinculados a seções de 100 metros da rodovia, as quais também são georreferenciadas.

### **Ambiente de geoprocessamento**

As análises realizadas nesse artigo foram feitas no *software* de geoprocessamento ArcMap, versão 10.8, o qual possui as técnicas de geoestatística utilizadas, de forma nativa. Antes de iniciar as análises, se fez necessário configurar o sistema de coordenadas geográficas para SIRGAS 2000, visto a localização da rodovia estudada ser no Brasil. Com os valores de risco obtidos anteriormente com a metodologia iRAP e com os dados de acidentes georreferenciados pela PRF, foi possível, através do *software* de geoprocessamento, atribuir para cada acidente o valor de SRS do local de ocorrência.

### **Autocorrelação Espacial Global – Moran's I**

A primeira análise geoestatística realizada nesse artigo foi a Técnica de Autocorrelação Espacial Global Moran's I, sumarizada em ESRI (2020a), a qual busca

identificar se a amostra estudada está distribuída de forma aleatória, agrupada ou dispersa no espaço de acordo com o atributo risco da rodovia. Para isso, tal teste visa rejeitar ou aceitar a hipótese nula ( $H_0$ ) de que os dados são distribuídos de forma aleatória. Já a hipótese alternativa ( $H_1$ ) afirma se tais dados estão agrupados ou dispersos. Tal inferência é feita em relação ao valor do p-valor, o qual, se for maior do que o  $p\text{-valor}_{\text{crítico}}$ , aceita-se a hipótese nula. Quando este valor for menor, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese alternativa. Nesse caso, são avaliados os valores do Índice de Moran (I), calculado conforme a Equação (1), e os valores de z-score. Quanto mais o Índice de Moran se aproxima de 1, maior a probabilidade de os dados estarem agrupados. Já quanto maior esse índice se aproxima de -1 maior a probabilidade de os dados estarem dispersos.

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

Sendo que: I = Índice de Moran; n = quantidade de ocorrências avaliadas; z = variância do atributo avaliado em relação à média (em SRS);  $w_{i,j}$ : o peso da relação espacial entre as ocorrências; e  $S_0$  = soma de todos os valores dos atributos avaliados (em SRS).

Para utilizar a referida técnica, algumas definições básicas são necessárias. A primeira versa sobre a matriz de ponderação espacial do atributo avaliado. Conforme apresentado por Lee e Khattak (2019), estudos sugerem um raio de influência de 1000 metros em áreas rurais. A segunda definição versa sobre o tipo de relação espacial que as ocorrências apresentam. Para efeitos da aplicação das técnicas neste estudo, foi considerada a relação de distância fixa, na qual as ocorrências dentro de um raio de influência têm o mesmo peso, independente de quão perto ou longe se encontram.

### Hot Spot Analysis – Getis Ord $G_i^*$

A segunda análise geoestatística realizada nesse artigo foi a Técnica de Identificação de Agrupamentos de valores altos e baixos, conhecida como Getis Ord  $G_i^*$ . Tal técnica busca identificar o agrupamento de locais próximos, com valores altos ou baixos de risco da rodovia, de acordo com o p-valor e o valor de  $G_i^*$ , calculado conforme a Equação (2).

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2}{n-1}}} \quad (2)$$

Sendo que:  $G_i^*$  = Valor de Getis Ord  $G_i^*$ ;  $n$  = quantidade de ocorrências avaliadas;  $x_j$  = valor do atributo avaliado (em SRS);  $w_{i,j}$  = o peso da relação espacial entre as ocorrências;  $\bar{X}$  = média do atributo avaliado (em SRS); e  $S$  = desvio padrão do atributo avaliado (em SRS).

Quando o teste resultar em valores estatisticamente significantes, o valor de  $G_i^*$  pode ser avaliado. Além disso, o teste indica agrupamentos com significância estatística de 90%, 95% e 99%. Quanto maiores os valores desse índice, mais intenso é o agrupamento de ocorrências com valores altos do parâmetro avaliado e quanto menores os valores dos índices, mais intenso é o agrupamento de ocorrências com valores baixos (ESRI, 2020b).

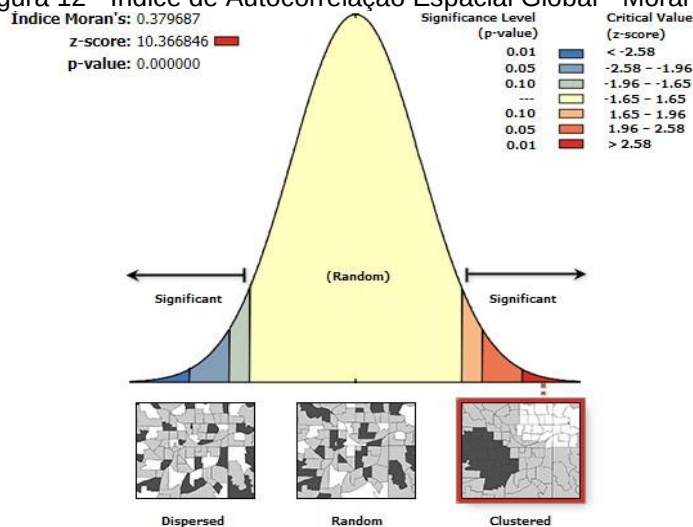
Ao final da análise, os agrupamentos identificados através da técnica Getis Ord  $G_i^*$  foram caracterizados conforme a severidade, as causas e os tipos de acidentes registrados.

## RESULTADOS

### Autocorrelação Espacial Global – Moran's I

A primeira análise realizada no artigo consistiu em identificar se os acidentes ocorridos na rodovia estudada estão distribuídos de forma aleatória, dispersa ou agrupada, conforme o risco da rodovia vinculado a cada acidente. Para isso, foi realizada a Autocorrelação Espacial Global de Moran's I, utilizando o risco da rodovia de cada acidente e uma matriz de ponderação espacial de 1000 metros como parâmetros. O resultado dessa técnica é apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Índice de Autocorrelação Espacial Global - Moran's I



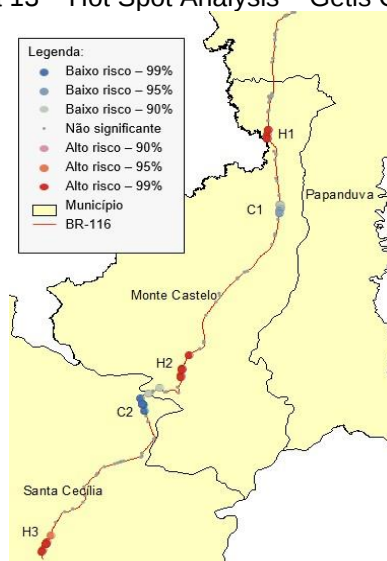
Fonte: O autor (2020)

Conforme indica a Figura 12, é possível observar que o p-valor (0,000) foi menor do que o p-valor<sub>crítico</sub> (0,05), indicando que existe uma tendência de os dados não estarem distribuídos de forma aleatória. Além disso, observando o valor de z-score (10,3668) e o valor do Índice de Moran's (0,379687), verifica-se que os acidentes avaliados estão distribuídos de forma agrupada no espaço, conforme o risco da rodovia relacionado. Sendo assim, a análise apresentada na sequência visa identificar os locais de agrupamento de ocorrências de acidentes, bem como caracterizá-los em relação à severidade, à causa e aos tipos de acidentes, de acordo com os riscos da rodovia.

### Hot Spot Analysis – Getis Ord Gi\*

A segunda análise realizada visou identificar os agrupamentos de valores de alto e de baixo risco, nos locais com ocorrência de acidentes. Para isso, foi realizada a técnica de Getis Ord Gi\*, definindo o valor de 1000 metros como matriz de ponderação espacial de cada ocorrência. Os agrupamentos podem ser observados na Figura 13, a qual indica que foram identificados 3 agrupamentos de alto risco (H) e 2 agrupamentos de baixo risco (C) estatisticamente significantes em relação à distribuição de acidentes.

Figura 13 – Hot Spot Analysis – Getis Ord Gi\*

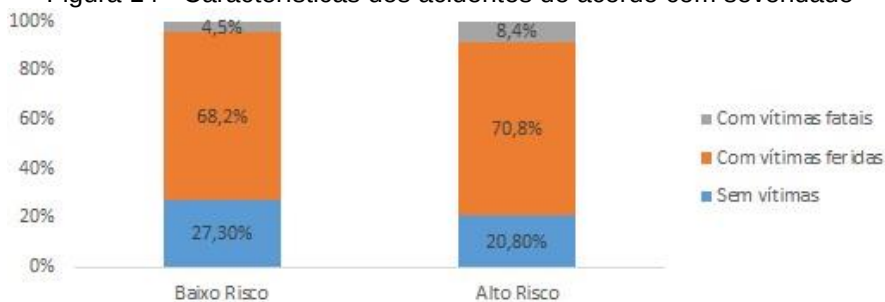


Fonte: O autor (2020)

### Caracterização dos agrupamentos identificados

Dentre os agrupamentos identificados pela técnica aplicada no tópico anterior, foi possível caracterizar os acidentes ocorridos de acordo com a severidade, conforme ilustra a Figura 14.

Figura 14 - Características dos acidentes de acordo com severidade

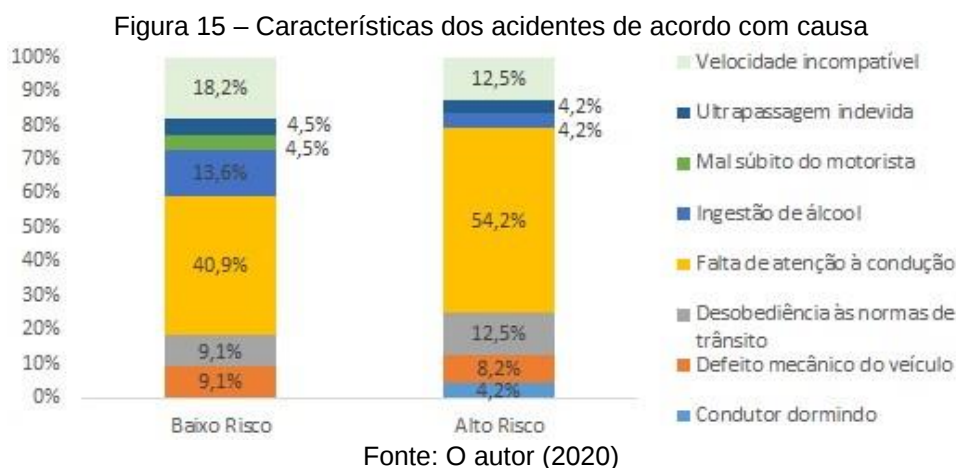


Fonte: O autor (2020)

Os agrupamentos de risco baixo (C) da rodovia compreendem 22 acidentes avaliados, dos quais 6 não tiveram vítimas (27,3%), 15 tiveram vítimas feridas (68,2%) e 1 teve vítima fatal (4,5%). Enquanto isso, os agrupamentos de risco alto (H) da rodovia abrangem 24 acidentes, dos quais 5 não tiveram vítimas (20,8%), 17 tiveram vítimas feridas (70,8%) e 2 tiveram vítimas fatais (8,4%). Com a caracterização da Figura 4, é possível observar a relação de risco com a severidade dos acidentes ocorridos, tal qual abordada por Elvik, Hoyer, Vaa e Sorensen (2014) e pela Federal Highway Administration (FHWA, 2014). Os primeiros autores apresentam que a quantidade de vítimas e suas gravidades está relacionada, entre outros aspectos, “ao

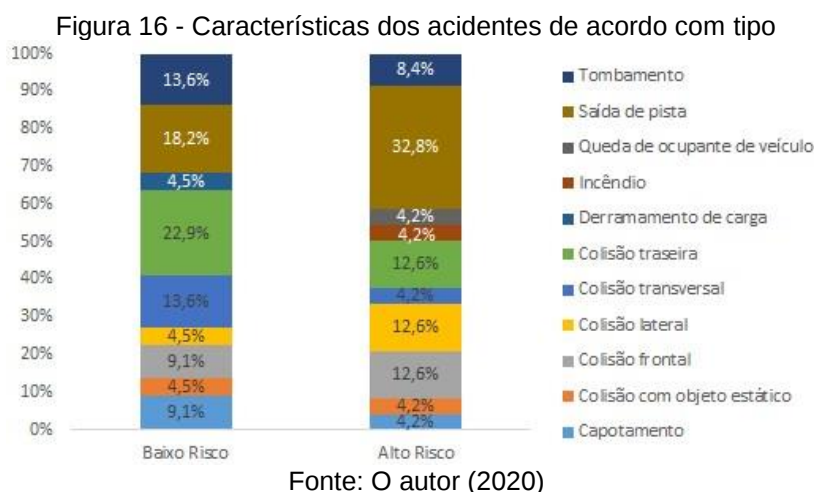
risco de dano, ou seja, a probabilidade de ser ferido uma vez que se tenha sido envolvido em um acidente de trânsito”. Já a FHWA (2014) aponta que em rodovias em que o risco é maior possuem taxa de mortalidade maior do que em locais com menos risco.

De acordo com a Figura 15, é possível observar que, dentre os 46 acidentes identificados nos agrupamentos, foram observadas 8 causas.



Observa-se pela mesma figura que, independente se o agrupamento dos acidentes é de baixo ou de alto risco, as causas dos acidentes têm o fator comportamental como principal elemento, conforme o registro dos acidentes da PRF. São elas: Desobediência às normas de trânsito pelo condutor; Velocidade incompatível; Ingestão de álcool; Falta de atenção à condução; Ultrapassagem indevida; ou Condutor dormindo. Nos agrupamentos de risco baixo, observa-se que 86,3% dos acidentes possui uma dessas causas, enquanto que, em agrupamentos de alto risco, esse valor é de 91,8%. Em relação aos demais acidentes, as causas identificadas foram: Defeito mecânico do veículo (9,1%) e Mal súbito do motorista (4,5%), em agrupamentos de baixo risco, e Defeito mecânico do veículo (8,2%), em agrupamentos de alto risco. Tal caracterização dos fatores comportamentais e das causas dos acidentes corrobora com a análise apresentada pelo Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV, 2019), que identificou que cerca de 90% dos acidentes tem esse fator como principal causa em relação aos fatores via e veículo.

De acordo com a Figura 16, observa-se que os acidentes ocorridos nos agrupamentos identificados diferem em 11 tipos.



Em relação aos agrupamentos de baixo risco, os acidentes que envolveram somente um veículo e os acidentes que envolveram mais de um veículo tiveram distribuição semelhante. Por sua vez, no agrupamento de alto risco, esses tipos de acidente envolvendo somente um veículo representam 58,0% de todos os acidentes. Pode-se destacar ainda que o tipo de acidente mais frequente nos agrupamentos de baixo risco foi o tipo colisão traseira, representando 22,9% do total de acidentes registrado no período analisado. Já nos agrupamentos de alto risco, a saída de leito carroçável foi o tipo mais frequente, representando 32,8% do total registrado, indicando, assim, uma tendência de os tipos de acidente diferirem de acordo com o risco da rodovia. Tal caracterização dos acidentes envolvendo somente um veículo ou envolvendo elementos presentes na lateral da via são fundamentais para embasar a importância da adoção de medidas com o enfoque em amenizar as consequências de tais acidentes, tal qual apresentado por Elvik, Hoyer, Vaa e Sorensen (2014).

## CONCLUSÕES

Nesse artigo foram identificados os pontos críticos de acidentes, nos quais foram considerados o risco de cada local de ocorrência que a rodovia oferece ao usuário, baseado nos resultados obtidos com a aplicação da metodologia iRAP. Para identificar tais locais, foram utilizadas as técnicas geoestatística Moran's I e Getis Ord Gi\*. Os resultados indicaram 3 agrupamentos de acidentes em segmentos de alto risco e 2 agrupamentos em segmentos de baixo risco, os quais apresentaram predominância de vítimas fatais nos agrupamentos de alto risco e predominância de acidentes sem vítimas nos agrupamentos de baixo risco. Ainda mais, os acidentes analisados indicaram uma predominância de causas do tipo comportamental em

relação a causas relacionadas à via ou ao veículo, independentemente se o agrupamento é de baixo ou de alto risco. Além disso, as análises indicaram que a maior parte dos acidentes ocorridos nos agrupamentos de alto risco envolveu somente um veículo.

Com isso, foi possível observar a interação complexa que existe entre usuários, vias e veículos no que tange a segurança viária, seja através da relação entre a severidade dos acidentes e o risco da rodovia ou entre os fatores comportamentais e a ocorrência de acidentes. Em suma, o artigo evidencia a necessidade da abordagem de sistemas seguros de trânsito nas ações de melhorias das condições de segurança viárias das rodovias, tanto para avaliar o comportamento dos usuários como também para avaliar e colocar em prática o conceito de rodovias que perdoam falhas humanas, tal qual feito pela metodologia iRAP. Para finalizar, mesmo que os acidentes englobados nos agrupamentos identificados caracterizem a importância da via nos sistemas seguros, entende-se como necessário avaliar outros segmentos de rodovia que permitam uma análise mais ampla dos acidentes que corroborem as conclusões apresentadas nesse artigo.

## REFERÊNCIAS

AL-RUZOUQ, R. *et al.* Weighted Multi-Attribute Framework to Identify Freeway Incident Hot Spot in a Spatiotemporal Context. **Arabian Journal for Science and Engineering**, [S.l.], v. 44, p. 8205-8223, 2019.

BELLOS, E.; EFSTATHIADIS, S.; GKREMOS, I.; LEOPOULOS, V. Road Infrastructures' risk Assessment: a valuable tool for investments' decisions. **International Scientific Conference People, Buildings and Environment**, [S.l.], p. 67-78, 2014.

COLAK, H. E.; MEMISOGLU, T.; ERBAS, Y. S.; BEDIROGLU, S. Hot spot Analysis based on network spatial weights to determine spatial statistics of traffic accidents in Rize, Turkey. **Arabian Journal of Geosciences**, [S.l.], v. 11, n. 151, 2018.

ELVIK, R.; HOYE, A.; VAA, T.; SORENSEN, M. **O Manual de medidas de segurança viária**. Oslo, Noruega: Editora Fundacion Mapfre, 2014.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. **How Spatial Autocorrelation: Moran's I (Spatial Statistics) works**. [S.l.]: ESRI, 2020a.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. **How Hot Spot Analysis: Getis-Ord Gi\* (Spatial Statistics) works**. [S.l.]: ESRI, 2020b.

FHWA - Federal Highway Administration. **Manual for selecting: Safety Improvements on High Risk Rural Roads.** Washington: FHWA, 2014.

IRAP – International Road Assessment Programme. **iRAP methodology fact sheets.** United Kingdom: iRAP, 2014.

LEE, M.; KHATTAK, A. J. Case study of crash severity spatial pattern identification in hot spot analysis. **Transportation Research Record**, [S.l.], v. 2673, n. 9, p. 684-695, 2019.

MINISTÉRIO DA SEGURANÇA PÚBLICA. **Dados abertos sobre acidentes de trânsito.** 2020. Disponível em: <https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes>. Acesso em: 20 jul. 2020.

OMS – Organização Mundial de Saúde. **Global status report on road safety:** 2018. Geneva: World Health Organization, 2018.

ONSV – Observatório Nacional de Segurança Viária. **90% dos acidentes são causados por falha humana.** 2019. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/90-dos-acidentes-saocausados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio>. Acesso em: 25 jul. 2020.

PIANEZZER, T. A. **Análise comparativa de metodologias para identificação de segmentos críticos em rodovias rurais.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

SHI, L. *et al.* A cask evaluation model to assess safety in chinese rural roads. **Sustainability**, [S.l.], v. 10, n. 11, 2018.

WRI – World Resources Institute. **Sustentável e seguro visão e diretrizes para zerar as mortes no trânsito.** São Paulo: WRI Brasil, 2018.



## **Capítulo 11**

# **IMPLANTAÇÃO DE LINHAS DE TRANSPORTE PÚBLICO CIRCULAR EM CIDADES DE MÉDIO PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

**Eduardo Cesar Amancio**

**Mayra Branco**

**Maria Isabel Iijima**

**Paula Caroline Alves Pudell**

**Natalia Luiza Cavichioli**

**Gabriela da Costa Bonetti**

**Tatiana Maria Cecy Gadda**

## **IMPLANTAÇÃO DE LINHAS DE TRANSPORTE PÚBLICO CIRCULAR EM CIDADES DE MÉDIO PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

**Eduardo Cesar Amancio<sup>1</sup>**

Eng. Civil, Mestrando pelo Programa de pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba

**Mayra Branco<sup>2</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Toledo

**Maria Isabel Iijima<sup>3</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Toledo

**Paula Caroline Alves Pudell<sup>4</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil, Mestranda pelo Programa de pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba

**Natalia Luiza Cavichioli<sup>5</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil, Mestranda pelo Programa de pós Graduação em Engenharia e Tecnologia Ambiental (PPGETA) da Universidade Federal do Paraná, campus Palotina em parceria com a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Cascavel

**Gabriela da Costa Bonetti<sup>6</sup>**

Eng<sup>a</sup>. Civil, Mestranda pelo Programa de pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba

**Tatiana Maria Cecy Gadda<sup>7</sup>**

Arquiteta, Mestre em Spatial Planning pelo Royal Institute of Technology (KTH), na Suécia e PhD em Ciências Ambientais e da Terra pela Universidade de Chiba, no Japão, Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia Civil. E-mail: eduardoamancio@alunos.utfpr.edu.br

<sup>2</sup>Graduada em Engenharia Civil. E-mail: mayrabranco@live.com

<sup>3</sup>Graduada em Engenharia Civil. E-mail: maria.isabel.ijima@gmail.com

<sup>4</sup>Mestranda em Engenharia Civil. E-mail: pudell@hotmail.com

<sup>5</sup>Mestranda em Engenharia e Tecnologia Ambiental. E-mail: natalia.cavichioli@gmail.com

<sup>6</sup>Mestranda em Engenharia Civil. E-mail: gabrielacbonetti@hotmail.com

<sup>7</sup>PhD em Ciências Ambientais e da Terra. E-mail: tatianagadda@utfpr.edu.br

## **RESUMO**

O sucesso da implantação de um sistema de integração temporal em um sistema de transporte público por ônibus depende do nível de sobreposição de rotas e itinerários. No ano de 2017 a Prefeitura Municipal de Toledo implantou essa modalidade de integração ao transporte público da cidade. Porém, devido ao tipo radial das linhas existentes hoje, as transferências de usuários fora do terminal central da cidade continua baixa. O objetivo desse estudo é analisar a implantação de um linha do tipo circular na cidade, com o intuito de integrar as linhas existentes. Analisando aspectos como implantação, integração, operação, sistema viário e demanda potencial, os resultados mostraram haver viabilidade para implantação do novo itinerário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transporte público, linha circular, mobilidade urbana

## **ABSTRACT**

The success of implementing a temporary integration system in a public transport system by bus depends on the level of superposition of routes and itineraries. In 2017 the Toledo City Hall implemented this modality of integration to the public transport of the city. However, due to the radial type of the existing lines today, the transfers of users outside the central terminal of the city remains low. The objective of this study is to analyze the implementation of a circular type line in the city, with the intention of integrating the existing lines. Analyzing aspects such as deployment, integration, operation, road system and potential demand, the results showed that there is feasibility to implement the new itinerary.

**KEYWORDS:** Public transport, circular line, urban mobility

## **1. INTRODUÇÃO**

Um dos principais fatores que afetam a dinâmica de uma cidade é a mobilidade urbana. Logo, um transporte público financeiramente acessível, eficiente e confiável pode contribuir para que sociedades inteiras atinjam metas econômicas, ambientais e sociais.

Através de seu caráter inclusivo e coletivo, o transporte público deve permitir o acesso de todas as camadas da população aos espaços públicos, obedecendo ao

direito do cidadão de ir e vir, presente no art.5º Inciso XV, da Constituição Federal Brasileira, garantindo a todos esses direitos (Brasil, 1988). A utilização de transporte público coletivo reduz a ocupação do espaço das vias com muito mais pessoas transportadas em relação à área pública utilizada do que se fossem transportadas por veículos motorizados individuais. Também neste caso, o primeiro reduz emissões de gases na atmosfera com custos individual e coletivo menores (Ministério das Cidades, 2015, p. 28). Consequentemente, quando não planejado ou operado corretamente afeta direta ou indiretamente todas as atividades econômicas, visto seu papel importante no transporte de capital humano, na gestão do espaço viário e no acesso a locais de cultura, lazer e entretenimento

A Prefeitura Municipal da cidade de Toledo-PR implantou no ano de 2017 o sistema de integração temporal no transporte público da cidade. Porém, devido ao formato radial das linhas existentes e poucos pontos de sobreposição de trajetos nas regiões mais periféricas da cidade, o usuário continua tendo que se deslocar até o terminal central para fazer transferências. Este artigo tem como objetivo realizar um estudo para implantação de uma linha de transporte público do tipo Circular na cidade de Toledo, Paraná, que integre as linhas existentes e ofereça opções de deslocamento alternativas que atendam às demandas da cidade.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Transporte público urbano**

Transporte coletivo urbano não é apenas um serviço oferecido à população, mas um recurso essencial ao desenvolvimento humano nos mais diversos sentidos. A necessidade de acesso dos habitantes ao transporte coletivo é o fator que exige do poder público o correto planejamento para que o sistema funcione corretamente e atenda os anseios da comunidade (BIGOLIN et al., 2008). O grau de desenvolvimento econômico e social de uma sociedade está estritamente ligado à facilidade de locomoção de passageiros e transporte de cargas. Dessa maneira, as características do sistema de transporte urbano influenciam fortemente na qualidade de vida nas cidades (FERRAZ e TORRES, 2004).

Para Gomide (2003) um transporte público eficiente permite um ganho para uma sociedade através do aumento de renda e de tempo nas camadas menos privilegiadas, pois propicia acesso aos serviços sociais básicos (saúde, educação e lazer) e às oportunidades de trabalho. Segundo Barbosa (2013), a carência de

recursos para a mobilidade urbana promove a segregação da população, pois limita os direitos de deslocamento e acessibilidade da população de baixa renda, e os separa daqueles que tem acesso ao automóvel.

É importante salientar, que o transporte público exerce influência também no processo de urbanização, uso do solo e espaço-físico. Devido à natureza de serviço urbano, ele interfere na produção do ambiente construído e estabelece forte ligação com o processo de periferação e segregação socioespacial. Desta forma, quando uma região possui um sistema de transporte bem desenvolvido, consequentemente influenciará no valor da terra, assim como, no uso e ocupação do solo e assim contribuirá para o caráter urbanístico (SILVA, 2014).

## **2.2.O transporte público por ônibus**

De acordo com o Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público – SIMOB/ANTP (2018) a demanda anual de passageiros no transporte coletivo no Brasil é de 18,3 bilhões de passageiros, os ônibus são responsáveis pela maioria destes, 15,9 bilhões. Zhang (2009) aponta como pontos positivos do ônibus frente a outros transportes coletivos, devido ao baixo custo de implantação e de operação, além de relativamente comportar grande número de passageiros.

Segundo Ferraz e Torres (2004) a mobilidade urbana na maioria das vezes é determinada pelo tamanho das cidades. Quanto maior o porte das cidades observa-se estruturas mais robustas de transporte público. Devido a isso, pequenas e médias cidades são praticamente dependentes do ônibus como meio de transporte coletivo, pois para estas não é viável a implantação de um sistema de transporte de massa, como o metrô ou o trem urbano (BIGOLIN et al., 2008). As linhas de transporte público por ônibus são classificadas de acordo com dois critérios: o traçado e a função. Para Ferraz e Torres (2004) a classificação segundo o traçado se divide em:

- Radial: faz ligação da área central à outra região da cidade;
- Diametral: faz a ligação de duas regiões, passando pela região central da cidade;
- Circular: liga várias regiões em um circuito fechado em forma de círculo, onde a zona central localiza-se ao centro desta;
- Interbairros: conecta regiões distintas sem passar pelo centro. Tem o objetivo de atender a demanda de regiões atrativas com viagens diretas.

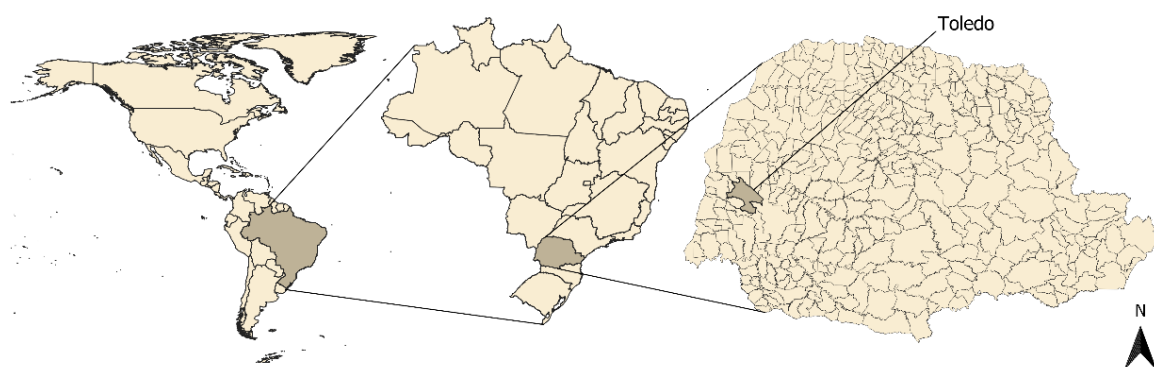
Em casos onde há necessidade de transbordo – passagem de passageiro de uma linha para a outra – que normalmente é feito em terminais de integração, pares de linhas circulares ou linhas interbairros podem ser implantadas com objetivo de desafogar terminais, encurtar distâncias percorridas e tempos de viagem (FERRAZ e TORRES, 2004). Esses fluxos transversais (interbairros) de pessoas e mercadorias vêm se intensificando com a criação de subcentros periféricos, quase sempre polarizados pelos shoppings centers e nos distritos industriais. As redes de transporte público nem sempre respondem a essas transformações, tornando-se ineficientes para o transporte de grandes volumes de passageiros. Ademais, esse fenômeno se agrava quando ocorre a superposição de linhas, o que reduz ainda mais a eficiência do serviço (ANTP, 2007).

Em sistemas onde existe a integração tarifária temporal, aquela que permite o transbordo em qualquer ponto da cidade dentro de um período de tempo pré-estabelecido, linhas diferentes que possuem pontos do itinerário em comum contribuem para a satisfação do usuário, dada a facilidade que este possui em escolher um trajeto mais cômodo e direto, utilizando mais de uma linha e sem ter que se deslocar até um terminal de integração (SILVA et al., 2012).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Área de estudo**

O local escolhido para realizar este estudo foi a zona urbana de Toledo, Paraná (Região Sul do Brasil), a localização do município está apresentada na Figura 1. De acordo com o IBGE, Toledo conta com aproximadamente 138.572 habitantes, dado do ano de 2018 (IBGE, 2018). O sistema de transporte público da cidade é operado pela empresa Sorriso de Toledo e conta com um terminal de transbordo (Terminal Luiz Grando Filho) e outro terminal de desembarque (Terminal Vila Pioneiro). Todas as linhas são do tipo radiais, sendo o Terminal Luiz Grando Filho o ponto inicial e final de todos itinerários.



**Figura 1: Localização da área de estudo**

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Toledo – PR (2015) e IPARDES (2019)

### 3.2. Métodos utilizados

Os dados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram coletados na Secretaria de Segurança e Trânsito da Prefeitura Municipal de Toledo, no Plano diretor Municipal, em portais de informações oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o site do Ministério das Cidades e no portal da empresa administradora do transporte público da cidade, a Sorriso de Toledo.

Através de análises abrangendo questões urbanísticas, populacionais, demográficas, econômicas e operacionais, escolheu-se o traçado mais funcional e que atendesse as demandas por transporte público da cidade. A Tabela 1 apresenta um resumo das informações coletadas, organizadas de acordo com as análises feitas para escolha do traçado da linha.

**Tabela 1: Análises e respectivas informações coletadas**

| Análise               | Dados levantados                                                                                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Implantação           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantidade, tipo, distância e localização dos pontos de parada existentes.</li> </ul>                                         |
| Integração e operação | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rotas das linhas em operação;</li> <li>Dados operacionais das linhas;</li> <li>Localização de terminais.</li> </ul>           |
| Sistema viário        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hierarquia viária;</li> <li>Velocidades máximas permitidas;</li> <li>Malha cicloviária.</li> </ul>                            |
| Demanda potencial     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dados populacionais dos bairros;</li> <li>Uso e ocupação do solo;</li> <li>Localização de grandes empreendimentos.</li> </ul> |

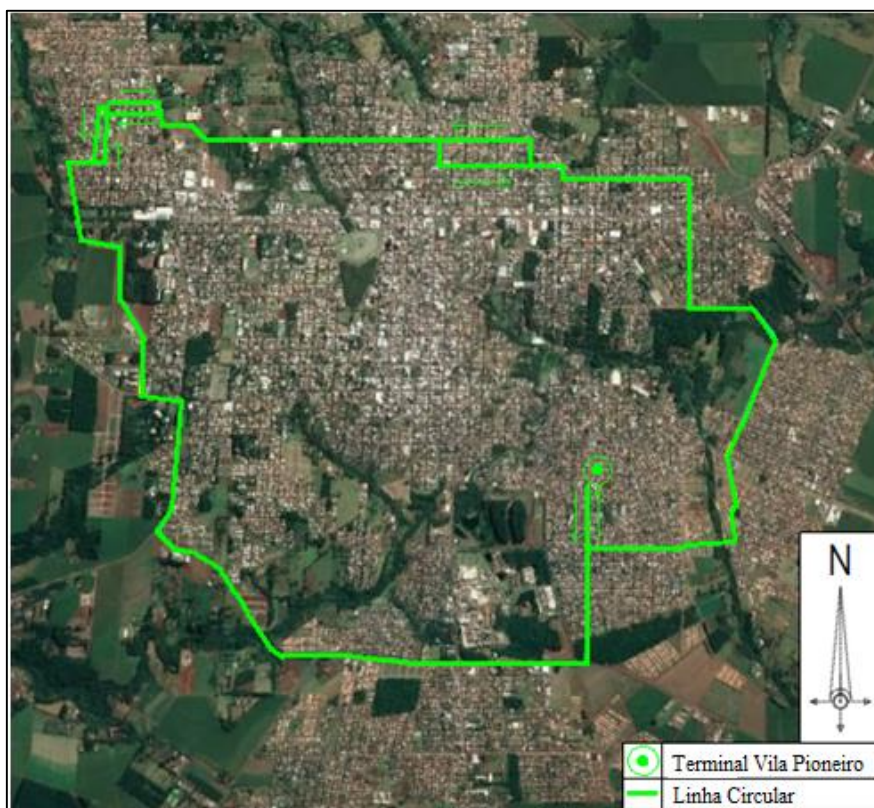
Fonte: autoria própria (2019)

Como pode ser observado através dos dados da Tabela 1, as informações coletadas se revelam de caráter documental e são provenientes de planilhas, mapas georreferenciados e relatórios.

#### **4. RESULTADOS**

Com o objetivo de permitir a integração e prover agilidade para os usuários que utilizam o transporte público de Toledo, o traçado da linha Circular foi escolhido de maneira a atender os bairros mais periféricos da cidade. Com um itinerário que não passa pela região central da cidade, o objetivo principal dessa rota é promover a integração das linhas existentes que, são classificadas como radiais, ou seja, possuem a origem em uma região qualquer da cidade com deslocamento até a área central e vice-versa.

É importante salientar também que se atentou para traçar o itinerário nas regiões mais centrais dos bairros atendidos, para assim, resultar nas menores distâncias possíveis entre a população desses bairros e um ponto atendido por essa linha. A Figura 2 apresenta o traçado proposto.



**Figura 2: Traçado proposto para a linha Circular**

**Fonte: autoria própria (2019)**

Para a escolha do traçado, organizaram-se as análises em quatro grupos, a saber: implantação, operação e integração, sistema viário e demanda potencial. Todos os tópicos estão relacionados a seguir:

#### 4.1. Implantação

Para a escolha do traçado optou-se por logradouros que já eram atendidos pelo transporte público, para, entre outras vantagens, realizar o aproveitamento dos pontos de ônibus existentes nesses trajetos, reduzindo os custos de implantação da nova linha. Esse processo pode ser observado na Figura 3.

Os percursos representados pela cor azul na Figura 3 são os trechos em que não há necessidade de implantação de pontos de ônibus (sobreposição total), pois já existem linhas nesses trajetos circulando nos dois sentidos da via; os trechos em amarelo são os que necessitam de implantação de paradas em apenas um dos sentidos da via (sobreposição parcial), pois estas já são atendidas por linhas em um dos sentidos; e nos trechos em verde é necessária a implantação de pontos em ambos os sentidos (sem sobreposição).

Através de consulta a dados da Secretaria de Segurança e Trânsito da Prefeitura Municipal de Toledo, foi possível ter acesso a um arquivo georreferenciado de todos os pontos de ônibus em operação da cidade. Também foi possível averiguar os dados de número total e distância média entre os pontos de ônibus de todas as linhas. Através desses dados, realizou-se a contabilização do total de pontos de parada existentes que seriam atendidos pela nova linha, e foi feita uma estimativa do número de pontos que seria necessária a implantação.

Para a estimativa do total de paradas nos trechos sem sobreposição (trechos em verde na Figura 3), utilizou-se a distância total de vias nessa condição, que é de aproximadamente 6.734 metros, e a distância média entre estações existentes no sistema, que é de 346 metros (Secretaria de Segurança e Trânsito, 2018). A partir da divisão desses dois valores, encontrou-se um total estimado de 36 pontos (considerando aproximadamente 18 pontos em cada sentido).

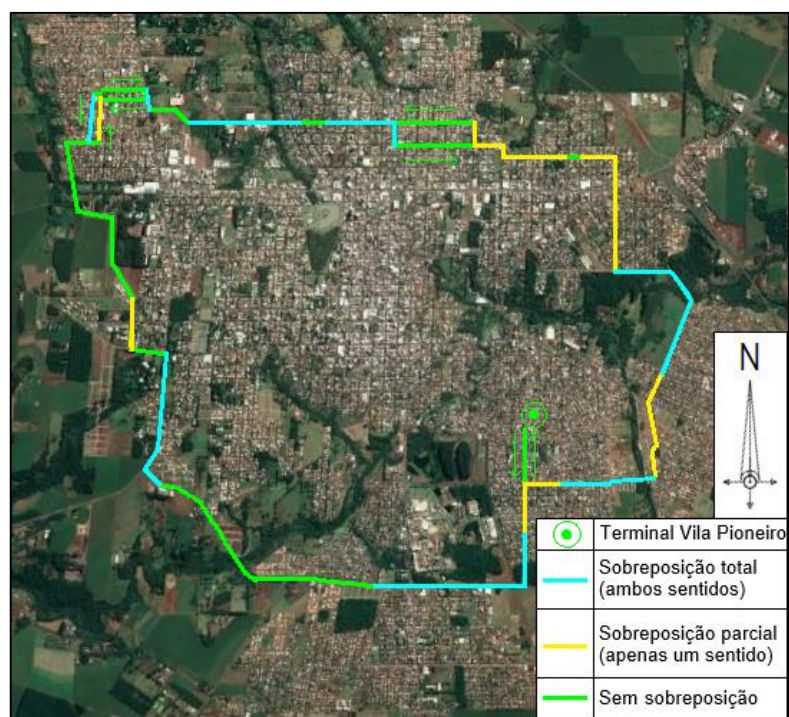


Figura 3: Trajeto proposta para a linha Circular e as sobreposições de rotas

Fonte: autoria própria (2019)

Já para os trechos com sobreposição parcial de linhas (trechos na cor amarelo na Figura 3), contabilizou-se o total de pontos existentes nesses percursos, encontrando-se o valor de 21 pontos. Como essas vias possuem paradas em apenas um dos lados do logradouro, partiu-se do princípio que seria necessária a implantação de outras 21 paradas nos mesmos locais que as existentes, porém em sentidos opostos. A Tabela 2 apresenta o resumo dos resultados.

Tabela 2: Pontos de parada existentes e a implantar

| Trechos              | Distância (m) | Pontos de parada |                 |
|----------------------|---------------|------------------|-----------------|
|                      |               | Existentes       | A implantar     |
| Sobreposição total   | 8.947         | 40               | 01 <sup>1</sup> |
| Sobreposição parcial | 5.966         | 21               | 21 <sup>2</sup> |
| Sem sobreposição     | 6.734         | -                | 36 <sup>3</sup> |
| Total                | 21.647        | 61               | 58              |

<sup>1</sup>Ponto a ser implantado no CepBIO da Prati Donaduzzi. Apesar do trecho ser sobreposto em ambos os sentidos, existe ponto em apenas um dos lados da via.

<sup>2</sup>Estimativa feita com base nos pontos existentes em apenas um lado da via.

<sup>3</sup>Estimativa feita com base na distância média entre pontos de parada.

Fonte: autoria própria (2019)

Como pode ser observado na Tabela 2, seria necessária a implantação de aproximadamente 58 pontos de parada no trajeto da nova linha Circular, vale ressaltar que esse é um valor médio estimado. A locação e a quantidade exata de pontos necessários para a nova linha dependem de características do uso e ocupação do solo, existência de empreendimentos, geometria da via e do passeio, além de questões operacionais e culturais.

#### 4.2. Operação e integração

Outra vantagem da coincidência e sobreposição de trajetos seria facilitar a integração – troca de veículo – de usuários tanto desta como para esta nova linha. O fato de o sistema de transporte público da cidade possuir integração temporal, ou seja, aquela dentro de um intervalo de tempo e fora do Terminal de transbordo, facilita esse processo. Nesse sentido, o usuário pode se deslocar em uma linha tradicional até um ponto atendido pela linha Circular, e então fazer a transferência dentro do intervalo de tempo permitido, sem efetuar o pagamento de nova tarifa. O caminho inverso também é possível, onde o usuário utilizaria a Circular até um ponto de parada atendido por outra linha, onde efetuariam o transbordo gratuitamente.

Outro ponto que facilita a integração nesse modelo é o atendimento do terminal de desembarque da Vila Pioneiro (Figura 4).



**Figura 4: Terminal Vila Pioneiro**

**Fonte: autoria própria (2019)**

Localizado na Vila Pioneiro, o bairro mais populoso da cidade, o terminal é servido atualmente por duas linhas do transporte público, a linha Santa Clara IV e a linha Vila Operária, sendo utilizado também como ponto para linhas de ônibus metropolitanos,

na rota Toledo – Cascavel. Esse ponto contribui para facilitar a transferência do usuário e integrar as diferentes linhas.

É importante discutir também sobre o material rodante necessário para fazer o trajeto proposto para a linha. Como Ferraz e Torres (2004) apontam, no caso do traçado possui um formato circular, para atender a demanda de passageiros que desejam se deslocar em diferentes sentidos, é necessário que o itinerário seja coberto por ônibus trafegando nos dois sentidos da rota (horário e anti-horário). Para isso, seria necessários pelo menos dois veículos operando concomitantemente. A medida que a demanda crescesse e o tempo para conclusão do percurso se tornasse maior, esse número de carros poderia aumentar, para fornecer mais frequência e dar mais agilidade à rota.

#### 4.3. Sistema viário

Outro aspecto considerado para a escolha do traçado foi a utilização de vias arteriais ou rodovias no perímetro urbano, a fim de dar agilidade e maior velocidade operacional à nova linha. A Figura 5 representa essas vias e o traçado da linha Circular.

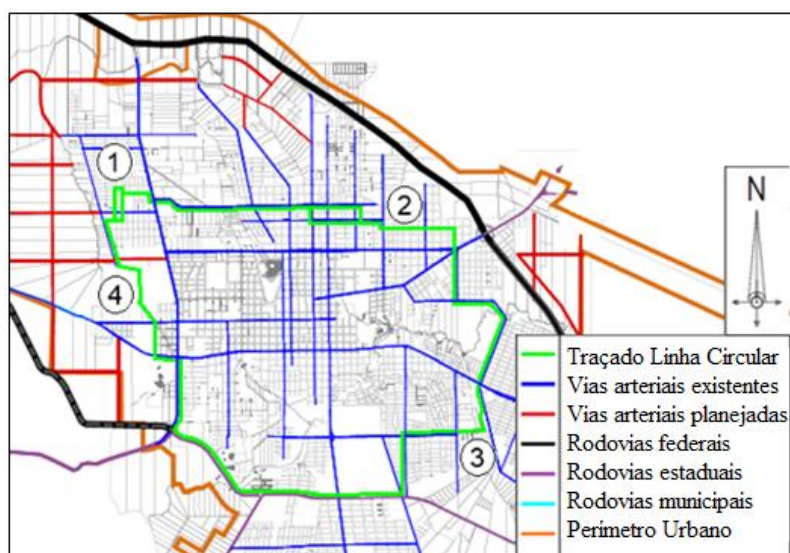


Figura 5: Traçado da linha Circular e sistema viário

Fonte: adaptado de Prefeitura Municipal de Toledo (2019)

Como pode ser observado na Figura 5, o trajeto da linha Circular passa por vias nas cores azul e roxa. Os trechos na cor azul representam as vias arteriais existentes da cidade, ou seja, aquelas com velocidade máxima permitida de 60 km/h, já as

representadas na cor roxa representam as rodovias estaduais, cuja velocidade máxima permitida é de 80 km/h.

Percebe-se também que existem apenas 4 trechos em que a linha Circular percorre logradouros que não sejam vias arteriais nem rodovias. Esses trechos estão enumerados na Figura 5 e são: (1) área central do bairro Jardim Coopagro (Ruas Laurindo Moterle, Eugênio Gustavo Keller, Rodrigo Alves, Anne Russ e Pacífico Dezembro); (2) ligação entre os bairros Jardim Gisela e Jardim Porto Alegre (Ruas Júlio Verne, Gisele Merlim Leduck e Minas Gerais); (3) ligação entre os bairros Santa Clara IV e Vila Pioneiro (Ruas Francisco Safanof e Waldemar Turati); (4) ligação entre os bairros Vila Becker e Jardim Coopagro (Rua Cristo Rei e Avenida União). Esses quatro trechos somados resultam em aproximadamente 6.152 metros de vias, o que representa cerca de 29% do trajeto total fora de vias de alta capacidade, dado que o trecho completo da rota Circular possui aproximadamente 21.110 metros.

Outra análise válida de ser feita é com relação à integração ao sistema ciclovitário. A Figura 6 apresenta todas as ciclovias e ciclofaixas da cidade. Através da análise da Figura 6 percebem-se apenas dois trechos em que a linha Circular atende vias com estrutura ciclovitária instalada. Esses trechos são: (1) Avenida União; (2) Trecho da rua Carlos Barbosa.

É possível pontuar também a existência de trechos de encontro pontual da malha ciclovitária com o trajeto da nova linha: (3) confluência Avenida Parigot de Souza e Avenida José João Muraro (4) Rua Capitão Leônidas Marques; (5) Rua Mário Fontana; (6) Avenida Senador Atilio Fontana. Essa baixa integração pode ser explicada devido ao tamanho da malha de ciclovias existentes na cidade (relativamente pequena) e à localização dessas estruturas, que na sua grande maioria são em avenidas mais centrais da cidade, o que dificulta a integração com essa nova linha, de caráter periférico e circundante ao centro. Caso a infraestrutura ciclovitária da cidade fosse de um tamanho considerável e atendesse pontos diversos da cidade, essa integração modal demandaria ainda o investimento para a instalação de paraciclos ou bicicletários nos terminais de transbordo e em alguns pontos de parada de ônibus, permitindo que o usuário tivesse condições de usar modais diferentes para completar sua viagem.

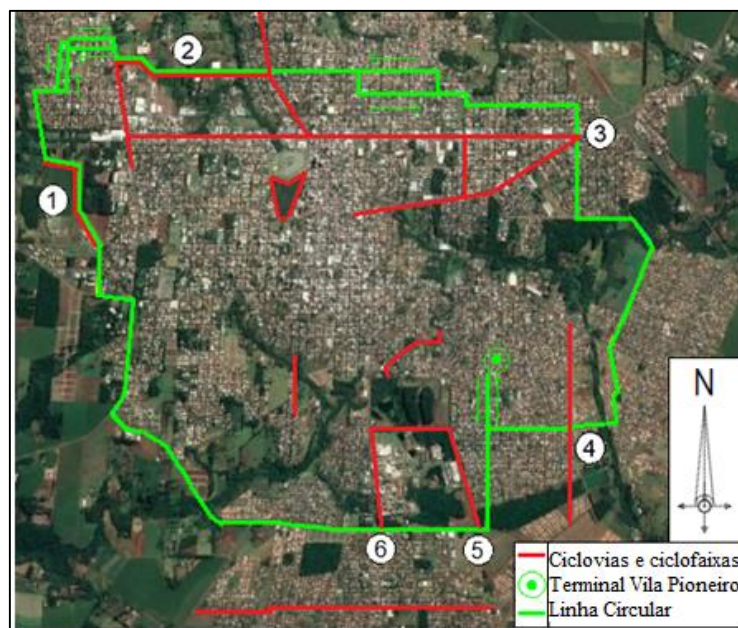


Figura 6: Estrutura ciclovitária de Toledo e trajeto proposto

#### 4.4. Demanda potencial

Ao mesmo tempo que o traçado da nova linha não passa pela região central da cidade, este percorre regiões densamente habitadas, como pode ser observado na Figura 7.

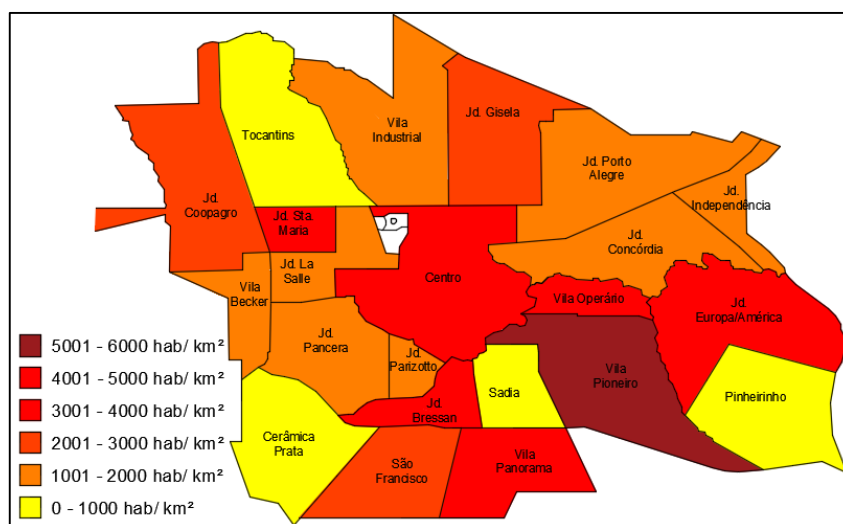


Figura 7 – Densidade populacional de Toledo

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Toledo (2015)

Conforme a Figura 7, a densidade populacional de bairros como Vila Pioneiro, Vila Panorama, Jardim Europa/América e Jardim Bressan, atendidos pela linha proposta pode contribuir para um montante grande de potenciais usuários.

A Tabela 3 apresenta os bairros que seriam atendidos pela nova linha e os dados demográficos destes.

**Tabela 3: Demografia dos bairros atendidos pela linha proposta**

| <b>Bairro</b>        | <b>População<sup>1</sup> (hab.)</b> | <b>Densidade demográfica (hab./km<sup>2</sup>)</b> |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Vila Pioneiro        | 17340                               | 5116,56                                            |
| Vila Panorama        | 7974                                | 4207,71                                            |
| Jardim Europa        | 11704                               | 3438,48                                            |
| Jardim Bressan       | 3105                                | 3430,72                                            |
| Jardim São Francisco | 5665                                | 2700,28                                            |
| Jardim Gisela        | 6588                                | 2599,79                                            |
| Jardim Coopagro      | 8447                                | 2265,89                                            |
| Jardim Concórdia     | 4381                                | 1594,10                                            |
| Jardim Pancera       | 3227                                | 1565,23                                            |
| Jardim Porto Alegre  | 4987                                | 1510,77                                            |
| Vila Industrial      | 6392                                | 1250,47                                            |
| Vila Becker          | 1108                                | 1052,06                                            |
| Tocantins            | 1163                                | 389,68                                             |
| Total                | 82081                               | ---                                                |

<sup>1</sup>Estimativa para o ano de 2015

Fonte: Prefeitura Municipal de Toledo (2015)

Através da análise da Tabela 3 percebe-se que a linha atende uma população total de 82081. Quando comparada com a população atendida por outras linhas em operação, têm-se os resultados apresentados na Tabela 4:

**Tabela 4: População e bairros atendidos pelas linhas do transporte público**

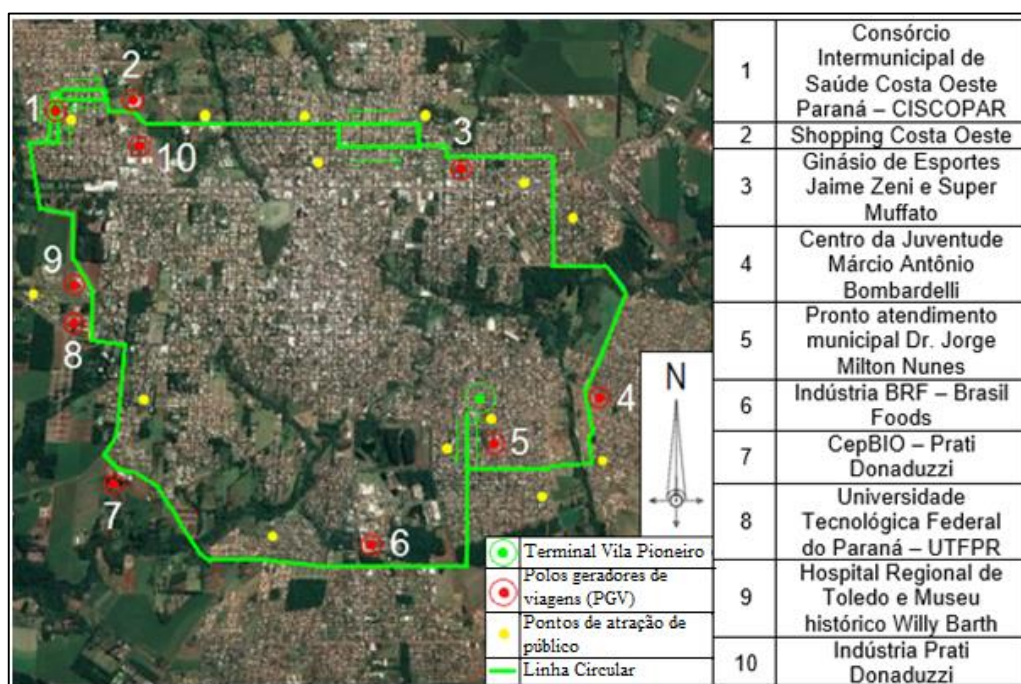
| <b>Linha</b>                  | <b>População<sup>1</sup> (hab)</b> | <b>Linha</b>               | <b>População<sup>1</sup> (hab)</b> |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| St. Clara II                  | 10144                              | Vila Industrial            | 7555                               |
| St. Clara IV                  | 29987                              | Jardim Coopagro v. Parigot | 25145                              |
| Jardim Concórdia              | 15956                              | Jardim Europa v. Concórdia | 21072                              |
| Jardim Coopagro v. Centro     | 14476                              | Colônia                    | 6588                               |
| J. São Francisco v. São João  | 9713                               | Jardim Panorama II         | 11079                              |
| J. São Francisco v. Parizotto | 9713                               | Jardim Porto Alegre        | 16415                              |
| PUC                           | 9201                               | Vila Pioneiro v. Centro    | 22995                              |
| Vila Operária v. Piratini     | 37577                              | Vila Pioneiro v. São João  | 22995                              |
| Vila Operária v. Parizotto    | 37577                              | Jardim Europa via Centro   | 14254                              |

<sup>1</sup>Estimativa de acordo com a população dos bairros no trajeto de cada linha.

Fonte: Prefeitura Municipal de Toledo (2015)

Verifica-se que a linha Circular seria de longe a mais abrangente possível, com um atendimento a uma população de cerca de 218% maior do que a linha com maior população atendida (Vila Operária).

Outro indutor de demanda é a presença de empreendimentos com alta atratividade ao longo de todo percurso da linha. A Figura 8 mostra os principais empreendimentos nas imediações do trajeto proposto para a nova linha.



**Figura 8: Empreendimentos ao longo da rota proposta**

**Fonte: autoria própria (2019)**

Como pode ser observado na Figura 8, o trajeto da nova linha possui equipamentos públicos ou privados (de grande atratividade) com área de influência que extrapola os limites dos bairros, configurando assim como polos geradores de viagens (PGV), os quais estão representados pelos pontos vermelhos enumerados na Figura 8.

Os equipamentos descritos na Figura 8 representam instituições de grande atração de pessoas, algumas das quais estão em fase de implantação ainda, como o Shopping Costa Oeste e o Hospital Regional de Toledo, o que demonstra uma demanda futura de passageiros a qual essa linha poderá absorver. O outro ponto representado pela cor amarela, representam polos com menor atratividade de pessoal, como escolas municipais, colégios estaduais, unidades básicas de saúde,

equipamentos de esporte e lazer, entre outros, mas que também contribuem para a constituição da demanda do itinerário.

## **CONCLUSÃO**

O estudo revelou o potencial de atração de usuários que a nova linha Circular possui, passando por bairros populosos, empreendimentos de grande atração de pessoal e fazendo trajetos que nenhum itinerário do transporte público atual tem cobertura. A linha também pode influenciar no Terminal de transbordo Luiz Grando, de modo a causar uma diminuição no seu fluxo de passageiros, pois, ainda que o sistema de integração temporal tenha sido implantado, devido ao formato radial das linhas existentes e poucos pontos de sobreposição de trajetos nas regiões mais periféricas da cidade, o usuário continua tendo que se deslocar até o terminal para fazer a transferência. A linha integraria em ambos sentidos (horário e anti-horário) todas as linhas existentes na cidade possibilitando um caminho alternativo para deslocamentos diários.

As adequações para implantação da linha se resumem a instalação de pontos de parada em alguns trechos do trajeto e na aquisição de material rodante, não havendo necessidade de adequações nos terminais ou no sistema viário. Vale ressaltar que para um atendimento efetivo às demandas da cidade, sempre faz-se necessário o acompanhamento da situação operacional da linha e o grau de satisfação dos usuários, de modo a fazer adaptações assim que necessário. O aumento no número de veículos, diminuição de intervalos, alocação de pontos de parada são alguns exemplos de ações que podem ser necessárias para que a nova rota consiga atrair, satisfazer e manter o número de usuários a que esta tem potencial.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Integração nos Transportes Públicos**. São Paulo. 2007.

ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Transporte Humano – Cidades com Qualidade de Vida**. São Paulo. 1997.

BARBOSA, R. F. **Modelos de transportes públicos para melhoria na mobilidade em Volta Redonda.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda – Rio de Janeiro, 2013.

BIGOLIN, E. M. *et al.* **Análise da concentração espacial e estudo da mobilidade por transporte coletivo, através do uso de SIG.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <<http://www.redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/pt-BR/producao-da-rede/artigos-cientificos/2009-1/404-analise-da-concentracao-espacial-e-estudo-da-mobilidade-por-transporte-coletivo-atraves-/file>>. Acesso em 21 set. 2020

BRASIL. Constituição Federal (1988) **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, 1988. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em 23 set. 2020.

FERRAZ, A. C. P; TORRES, I. G. E. **Transporte público Urbano**, 2ª ed., São Carlos: RiMa, 2004. 428p. ISBN – 85-86552-88-7.

GOMIDE, A. Á. **Transporte urbano e inclusão social: elemento para políticas públicas.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: Texto para discussão nº960, ISSN 1415-4765. Brasília, 2003.

IBGE - IBGE – (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Dados Municípios do Paraná. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/toledo.html>>. Acesso: 18 set. 2020.

IPARDES. Caderno estatístico município de Toledo, 2019. Disponível em <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=85900>>. Acesso em 18 set. 2020.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (2015) – **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana.** Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSE/planmob.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2017.

TOLEDO, Prefeitura Municipal de Toledo – PR, Plano diretor participativo Toledo – 2050. Revisão e atualização. 2015 Acesso em 18 set. 2020.. Disponível em <[https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/toledo\\_plano\\_diretor\\_net.pdf](https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/toledo_plano_diretor_net.pdf)>. Acesso em

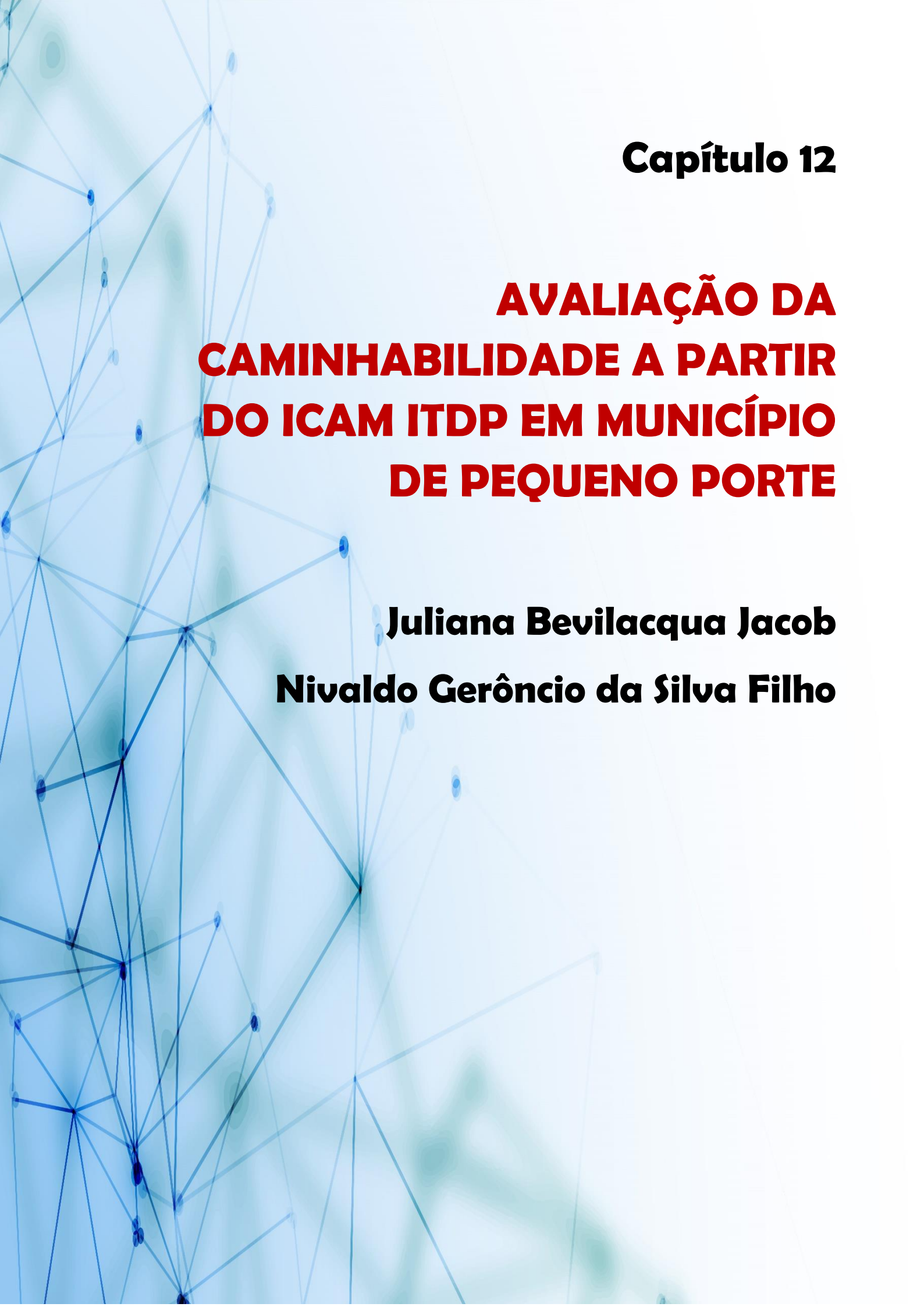
SILVA, C.R. *et al.* **Modelo integrado de transporte urbano para a região metropolitana do Vale do Paraíba e litoral norte.** The 4th International Congress on

University-Industry Cooperation – Taubate, SP – Brasil – Dez. 2012. ISBN 978-85-62326-96-7.

SILVA, J. R. F. **Zoneamento e forma urbana: ausências e demandas na regulação do uso e ocupação do solo.** Dissertação (Mestrado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

SIMOB/ANTP. **Relatorio Geral 2016.** Maio, 2018. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP. Disponível em < <http://files.antp.org.br/simob/simob-2016-v6.pdf> >. Acesso em 20 set. 2020.

ZHANG, M. Bus versus Rail. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, 2110(1). Washington, D.C., 2009, pp. 87–95. doi:10.3141/2110-11.



## **Capítulo 12**

# **AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE A PARTIR DO ICAM ITDP EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE**

**Juliana Bevilacqua Jacob**  
**Nivaldo Gerônimo da Silva Filho**

## AVALIAÇÃO DA CAMINHABILIDADE A PARTIR DO ICAM ITDP EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE

**Juliana Bevilacqua Jacob**

Arquiteta e Urbanista, Mestra em Engenharia Urbana - email:

[julianajacob@yahoo.com.br](mailto:julianajacob@yahoo.com.br)

**Nivaldo Gerônimo da Silva Filho**

Pós-doutor em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual da Paraíba - (UEPB)

- e-mail: [nivaldo.geroncio.filho@gmail.com](mailto:nivaldo.geroncio.filho@gmail.com)

### RESUMO

O transporte não motorizado nas médias e grandes cidades brasileiras, como a caminhada a pé, vem assumindo um papel fundamental nos deslocamentos diários. No caso das cidades de pequeno porte, essa importância começa a tomar um ímpeto acentuado, tendo em vista o aumento do transporte motorizado. Ainda neste contexto, é importante destacar que a integração da calçada com outros elementos torna-se fundamentais para seu uso por parte dos pedestres. Nesse afã, esta pesquisa trabalhou com um dos instrumentos de avaliação para qualidade das calçadas. Foi utilizado a versão 2.0 do iCam (Índice de Caminhabilidade) – ITDP (*Institute for Transportation and Development Policy*) Brasil para avaliar as condições de caminhabilidade em algumas regiões da área central de um município de pequeno porte no interior do Estado de São Paulo. A pesquisa foi aplicada em 28 segmentos de quadra inseridos em duas ruas principais do centro da cidade, local que concentra a zona comercial. A estrutura da pesquisa considerou a metodologia validada no Instrumento de auditoria para formular um índice de avaliação das condições de caminhabilidade de uma determinada região. De acordo com a metodologia proposta pelo iCam, é realizada uma auditoria física de cada segmento de quadra a partir de quinze indicadores agrupados em seis categorias previamente estabelecidas: (1) Calçada, (2) Mobilidade, (3) Atração, (4) Segurança viária, (5) Segurança Pública e (6) Ambiente. Como resultado final, a aplicação da ferramenta em duas ruas principais

do comércio da área em questão avaliou as condições do espaço urbano e monitorou o impacto de ações que qualificam o espaço para o uso do pedestre. Os índices extraídos da pontuação da metodologia do instrumento mostraram-se insatisfatórios para qualidade da caminhada. Ainda, conforme o instrumento, é proposto um planejamento de ações de melhorias a curto e longo prazo a serem aplicados para propiciar metas na qualidade da caminhabilidade para os pedestres.

**PALAVRAS CHAVES:** Calçadas, pedestres, transporte não motorizado

## **ABSTRACT**

Non-motorized transport in medium and large Brazilian cities, such as walking, has been playing a fundamental role in daily commuting. In the case of small cities, this importance begins to take on a strong momentum, in view of the increase in motorized transport. Still in this context, it is important to highlight that the integration of the sidewalk with other elements becomes fundamental for its use by pedestrians. In this effort, this research worked with one of the assessment instruments for the quality of the sidewalks. Version 2.0 of the iCam (Walkability Index) - ITDP (Institute for Transportation and Development Policy) Brazil was used to assess walking conditions in some regions of the central area of a small municipality in the interior of the State of São Paulo. The survey was applied to 28 court segments inserted in two main streets in the city center, a place that concentrates the commercial area. The research structure considered the methodology validated in the Audit Instrument to formulate an index for assessing the walkability conditions of a given region. According to the methodology proposed by iCam, a physical audit of each court segment is carried out using fifteen indicators grouped into six previously established categories: (1) Sidewalk, (2) Mobility, (3) Attraction, (4) Security (5) Public Security and (6) Environment. As a final result, the application of the tool in two main shopping streets in the area in question evaluated the conditions of the urban space and monitored the impact of actions that qualify the space for pedestrian use. The indexes extracted from the score of the instrument's methodology were unsatisfactory for the quality of the walk. Also, according to the instrument, it is proposed to plan short- and long-term improvement actions to be applied to provide goals in the quality of walking for pedestrians.

**KEY WORDS:** Sidewalks, pedestrians, non-motorized transport

## INTRODUÇÃO

O transporte não motorizado nas médias e grandes cidades brasileiras, como a caminhada a pé, vem assumindo um papel fundamental nos deslocamentos diários. No caso das cidades de pequeno porte, essa importância começa a tomar um ímpeto acentuado, tendo em vista o aumento do transporte motorizado. Ainda neste contexto, é importante destacar que a integração da calçada com outros elementos torna-se fundamentais para seu uso por parte dos pedestres.

A caminhada torna-se uma atividade agradável se o espaço público propiciar características que facilitem as pessoas a andar pé pelo seu bairro. Para Farjado (2017) a “pedestrianização” da cidade não é uma ação antagônica ao transporte individual, mas sim uma ação de reestruturação ao ambiente construído que possa trazer uma mudança positiva na qualidade de vida da sociedade urbana gerando mais produtividade e riquezas.

Jacob (2018) afirma que a caminhada define uma prática comum entre as pessoas quando são identificados fatores que influenciam o indivíduo a caminhar no bairro onde mora. Jacobs (2011) afirma que a calçada mostra seu significado quando integrada a outros elementos como os edifícios e usos limítrofes a ela. Para avaliar a qualidade de uma região para caminhada, há a necessidade de haver instrumentos que qualifiquem as características do espaço urbano à prática da caminhada.

No Brasil pesquisadores vêm desenvolvendo instrumentos que possam avaliar tecnicamente as condições da qualidade do bairro para caminhada. O ITDP Brasil lançou o Índice de Caminhabilidade (iCam) em 2016 na versão de projeto piloto, para avaliar as condições de caminhabilidade em algumas regiões da cidade do Rio de Janeiro. Ao longo de 2016 e 2017 a ferramenta foi objeto de algumas discussões nas quais resultaram em melhorias para a versão 2.0. O Instrumento de auditoria formula um índice para avaliar as condições de caminhabilidade de uma determinada região. Esta nova versão tem 15 indicadores agrupados nas seis categorias previamente estabelecidas: (1) Calçada, (2) Mobilidade, (3) Atração, (4) Segurança viária, (5) segurança pública e (6) Ambiente.

A pesquisa foi aplicada em 22 segmentos de quadra inseridos em duas ruas principais do centro da cidade, local que concentra a zona comercial.

A estrutura da pesquisa considerou a metodologia validada no Instrumento de auditoria para formular um índice de avaliação das condições de caminhabilidade da rua que acopla o maior uso comercial da cidade.

## DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

O Instrumento de auditoria formula um índice para avaliar as condições de caminhabilidade de uma determinada região. A versão do instrumento aplicado é composta de quinze indicadores agrupados em seis categorias necessárias para a avaliação da caminhabilidade.

- Atributos da caminhabilidade
  - (a) Calçadas: nessa categoria é avaliada a infraestrutura física da calçada, através dos indicadores (1) largura da calçada (incluindo a tipologia e largura da calçada) e a (2) condição do pavimento (se a calçada é pavimentada, e a qualidade do pavimento: existência de buracos e desníveis em toda sua extensão).
  - (b) Mobilidade: nessa categoria são avaliadas a disponibilidade e o acesso ao transporte público através dos indicadores (1) dimensão das quadras (avaliando a extensão do segmento de calçada) e (2) distância ao transporte público, considerando os pontos de alta, média e baixa complexidade de transporte.
  - (c) Atração: nessa categoria são avaliadas características de uso de solo que possam incentivar a prática da caminhada na região, através dos indicadores (1) fachadas fisicamente permeáveis, que consideram a entrada e acesso de pedestres, (2) fachadas visualmente ativas, com elementos considerados ativos na face da fachada, (3) uso público diurno e noturno, considerando estabelecimentos com uso público durante o dia e a noite, e (4) uso misto do solo, indicando o tipo de uso na região: residencial, comercial ou industrial
  - (d) Segurança viária: nessa categoria é avaliada a segurança do pedestre em relação ao tráfego de veículos motorizados e condições de conforto e

acessibilidade através dos indicadores (1) travessias, onde é avaliado o tipo de travessia e a existência de elementos de trânsito como semáforos, faixas, rampas e piso tátil, e (2) a tipologia da rua, sua hierarquia viária e a velocidade regulamentada.

- (e) Segurança pública: nessa categoria são avaliados itens que propiciam a seguridade dos pedestres como (1) iluminação (avaliando a existência de pontos de iluminação voltados para rua e para o pedestre e (2) o fluxo de pedestres que trafegam em variados períodos do dia e da noite.
  - (f) Ambiente: nessa categoria é avaliado aspectos ambientais que possam impactar nas condições de caminhabilidade como (1) existência de elementos que propiciem sombra e abrigo, (2) poluição sonora e (3) coleta de lixo e limpeza do local.
- Metodologia de avaliação para cada indicador

De acordo com ITDP (2018) é proposta a seguinte metodologia para avaliar cada atributo, de acordo com a fórmula mostrada na Equação 1:

- a) Dividir a extensão de cada segmento pela soma das extensões de todos os segmentos analisados e multiplicar por 100, para obter o percentual da extensão de cada segmento de calçada em relação à extensão total.
- b) Multiplicar o percentual da extensão do segmento pela pontuação que foi atribuída ao segmento, para cada indicador.
- c) O resultado final do indicador é obtido através da soma das pontuações ponderadas de cada segmento de calçada, divididas por 100.

Equação 1:

$$Pi1 = \frac{(e1*100)}{\Sigma(e1;e2;e3;...)} * i1 \qquad RI1 = \frac{\Sigma(Pi1;Pi2;...)}{100}$$

Onde:

Pi1: pontuação ponderada para cada segmento de calçada para cada indicador;

e1; e2; e3: extensão de cada segmento de fachada;

i1: pontuação atribuída ao segmento para cada indicador (0, 1, 2, 3);

RI1: resultado final de cada indicador

- Metodologia de avaliação para pontuação final de cada categoria

De acordo com o ITDP (2018) é proposto a seguinte metodologia para avaliação da pontuação final de cada categoria, mostrada na Equação 2:

- Elencar os indicadores que compõem a categoria que receberá pontuação final.
- Para cada segmento de calçada, calcular a média aritmética entre as pontuações ponderadas dos indicadores, para obter a pontuação ponderada do segmento de calçada para cada categoria.
- O resultado final da categoria é obtido através da soma das pontuações ponderadas de cada segmento de calçada, divididas por 100.

Equação 2:

$$Ci1 = \frac{(Pi1;Pi2)}{ni} \qquad RC1 = \frac{\sum(Ci1;Ci2;.....)}{100}$$

Onde:

Ci1; Ci2: pontuação ponderada do segmento de calçada para cada categoria;

Pi1; Pi2;...: pontuação ponderada do segmento de calçada para cada indicador;

ni: número de indicadores pertencentes à categoria

RC1: resultado final de cada categoria

- Metodologia de avaliação para pontuação final do Icam

De acordo com o ITDP (2018) é proposto a seguinte metodologia para avaliação da pontuação final de cada categoria, mostrada na Equação 3:

O resultado final do iCam é obtido pela média aritmética simples do resultado final ponderado das categorias avaliadas.

Equação 3:

$$RI = \frac{\sum (RC1; RC2; \dots)}{nc}$$

Onde:

RI: resultado final do iCam;

RC1; RC2;...: resultado de cada categoria;

nc: número de categorias pertencentes ao iCam

A avaliação proposta para cada indicador do iCam é realizada em quatro níveis distintos: ótimo (3), bom (2), suficiente (1), insuficiente (0) conforme Figura 1. A análise dos resultados remete-se à mesma pontuação conforme Tabela 1, onde de acordo com o conceito menor indica que ações imediatas devem ser tomadas, e o conceito maior é recomendado a manutenção e o aperfeiçoamento do local avaliado.

Tabela 1 – Avaliação final do iCam (2018)

|                                |                                                          |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Ótimo = 3                      | Recomendável a manutenção e aperfeiçoamento              |
| $2 \leq \text{Bom} < 3$        | Intervenção desejável, recomenda-se a ação a médio prazo |
| $1 \leq \text{Suficiente} < 2$ | Intervenção prioritária, recomendável ação a curto prazo |
| Insuficiente < 1               | Intervenção prioritária, recomendável ação imediata      |

Fonte: iCam (2018)

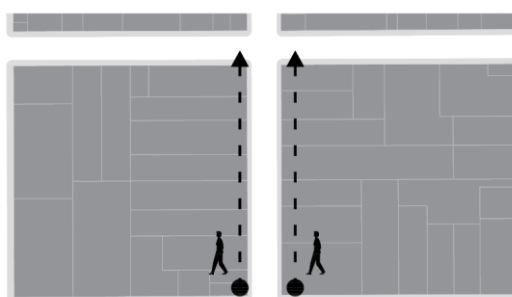
- Características da região onde foi feita a pesquisa e metodologia de aplicação

A pesquisa foi realizada no município de Taquaritinga, no interior do Estado de São Paulo, distante cerca de 330 km da capital. Taquaritinga é uma cidade de porte pequeno com aproximadamente 57 mil habitantes (IBGE, 2018).

A aplicação do instrumento foi realizada na região central do município, mais específico na rua principal de maior fluxo comercial, a Rua Prudente de Moraes. Essa rua concentra o polo comercial da cidade, onde nota-se o maior fluxo de pedestres transitando pelas calçadas. A figura 1 mostra a área da pesquisa inserida na região central e mais especificamente os segmentos auditados. Foram auditados 22 segmentos de calçadas abrangendo aproximadamente 2 km de extensão, no trecho de maior concentração comercial da rua, conforme mostra a figura 2.



Figura 3 – Metodologia da auditoria



Segmento de via = trecho da calçada + interseção seguinte ao trecho

Fonte: Elaborado pelos autores

- Resultados da auditoria

A Tabela 2 mostra os resultados das categorias auditadas do iCam. Para os cálculos, foi utilizada o software excel com a planilha disponível validada do instrumento. Nota-se pela pontuação todas as categorias são passíveis de intervenções, sendo elas de imediato ou médio prazo. Somente a categoria referente a mobilidade que recebeu pontuação boa, mesmo assim é necessário intervenções a médio prazo. De um modo geral o resultado total da área avaliada apresenta condições insuficientes de caminhabilidade, devendo haver intervenções de imediato para melhoria das condições de caminhada dos pedestres.

Tabela 2 – Resultados das categorias do iCam

| CATEGORIAS        | PONTUAÇÃO FINAL<br>(de 0 a 3) | CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO<br>E PONTUAÇÃO<br>(Insuficiente - Suficiente -<br>Bom - Ótimo) | AÇÕES                             |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Calçada           | 1,18                          | suficiente                                                                           | Intervenção de curto prazo        |
| Mobilidade        | 2,59                          | bom                                                                                  | Intervenção de médio prazo        |
| Atração           | 1,73                          | suficiente                                                                           | Intervenção de curto prazo        |
| Segurança viária  | 1,00                          | suficiente                                                                           | Intervenção de curto prazo        |
| Segurança pública | 0,04                          | insuficiente                                                                         | Intervenção prioritária, imediata |
| Ambiente          | 1,39                          | suficiente                                                                           | Intervenção de curto prazo        |
| iCam              | 0,07                          | insuficiente                                                                         | Intervenção prioritária, imediata |

Fonte: Elaborado pelos autores

De um modo mais específico, os dados da Tabela 3 mostram que a maioria dos indicadores apresentaram conceito insuficientes. Como a pontuação do instrumento é a média ponderada dos indicadores para cada categoria, pode-se observar que mesmo havendo indicadores com conceitos insuficientes, algumas categorias apresentaram conceitos suficientes ou mesmo bom.

Tabela 3 – Resultados dos indicadores do iCam

| INDICADORES E CATEGORIAS            | PONTUAÇÃO           | CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO E                                |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------|
|                                     | FINAL<br>(de 0 a 3) | PONTUAÇÃO<br>(Insuficiente - Suficiente - Bom - Ótimo) |
| Pavimentação                        | 2,23                | bom                                                    |
| Largura                             | 0,13                | insuficiente                                           |
| <b>Calçada</b>                      | <b>1,18</b>         | <b>suficiente</b>                                      |
| Dimensão das quadras                | 3,00                | ótimo                                                  |
| Distância a pé ao transporte        | 2,18                | bom                                                    |
| <b>Mobilidade</b>                   | <b>2,59</b>         | <b>bom</b>                                             |
| Fachadas fisicamente permeáveis     | 2,78                | bom                                                    |
| Fachadas visualmente permeáveis     | 2,72                | bom                                                    |
| Uso público diurno e noturno        | 0,86                | insuficiente                                           |
| Usos Mistos                         | 0,55                | insuficiente                                           |
| <b>Atração</b>                      | <b>1,73</b>         | <b>suficiente</b>                                      |
| Tipologia da rua                    | 2,00                | bom                                                    |
| Travessias                          | 0,00                | insuficiente                                           |
| <b>Segurança viária</b>             | <b>1,00</b>         | <b>suficiente</b>                                      |
| Iluminação                          | 0,09                | insuficiente                                           |
| Fluxo de pedestres diurno e noturno | 0,00                | insuficiente                                           |
| <b>Segurança pública</b>            | <b>0,04</b>         | <b>insuficiente</b>                                    |
| Sombra e Abrigo                     | 1,63                | suficiente                                             |
| Poluição Sonora                     | 0,23                | insuficiente                                           |
| Coleta de lixo e limpeza            | 2,32                | bom                                                    |
| <b>Ambiente</b>                     | <b>1,39</b>         | <b>suficiente</b>                                      |
| <b>iCam</b>                         | <b>0,07</b>         | <b>insuficiente</b>                                    |

Fonte: Elaborado pelos autores

## CONCLUSÕES

As condições do ambiente construído no meio urbano podem influenciar a prática da caminhada. Muitos estudos aplicados em grandes e médias cidades mostram resultados que levam à importância de se pensar e planejar melhorias no espaço urbano para os pedestres.

Poucos estudos são apresentados para melhorias em cidades de pequeno porte. Talvez pelo fato de apenas 15% da população do Brasil viver em cidades de pequeno porte não é dada a devida atenção para a qualidade de vida das pessoas que habitam essas cidades.

O trabalho mostrou a aplicação de um instrumento elaborado a partir de características brasileiras para avaliar a qualidade da caminhada em cidades brasileiras. Pouco se tem conhecimento da aplicação do instrumento em municípios pequenos e a amostra do instrumento mostrou que a qualidade da caminhada no município em questão foi insuficiente para os padrões de qualidade da caminhada. Isso mostra que ações imediatas de melhorias no ambiente construído da área analisada serão importantes para que os pedestres possam usufruir mais dos espaços e também tenham mais qualidade para a prática da caminhada não só como uma atividade física, mas também como meio de transporte.

Porém as intervenções nos municípios dependem de fatores governamentais para que possam ser concretizadas. Assim as melhorias no meio urbano para aumentar a qualidade dos espaços de caminhada, principalmente nas áreas de maior concentração de comércio, devem ser vistas como um agente propulsor tanto de desenvolvimento financeiro como também de qualidade de vida das pessoas que ali circulam ou residem.

Investimentos de melhorias de infraestrutura de pedestres como melhorias de calçadas, sinalização e segurança viária, mobilidade urbana, ambiente entre outros tendem a fazer as pessoas mais ativas e o espaço público como um agente de uma expressão democrática.

## BIBLIOGRAFIA

ITDP (Rio de Janeiro) (Org.). **Índice de caminhabilidade - Ferramenta: (iCAM), Ferramenta, Versão 2.0.** Rio de Janeiro: ITDP, 2018. 48 p. Disponível em: [https://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/ITDP\\_TA\\_CAMINHABILIDADE\\_V2\\_ABRIL\\_2018.pdf](https://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/ITDP_TA_CAMINHABILIDADE_V2_ABRIL_2018.pdf). Acesso em: 17 set. 2018.

FARJADO, W. **Caminhabilidade e vitalidade urbana** in Cidades de pedestres: A caminhabilidade no Brasil e no mundo. ANDRADE & LINKE (org.). Rio de Janeiro: Babilonia Cultura Editorial, 2017.

JACOB, J. B., **a relação da satisfação das condições de caminhabilidade com a qualidade do bairro para caminhada em um município de pequeno porte**. 2018 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/10424/BEVILACQUA\\_Juliana\\_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/10424/BEVILACQUA_Juliana_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Acesso em 18 set. 2018.

JACOBS, J. **Morte e vida nas grandes cidades**. 3. ed. São Paulo: Wmf Martins Fontes, 2011. Tradução de: Carlos S. Mendes Rosa.



**Biografias**

**CURRÍCULOS DOS AUTORES**

**Adriana Goulart dos Santos**

É graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Possui mestrado e doutorado em Engenharia de Transportes, pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é professora no Departamento de Engenharia Civil, no Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Nos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Civil, atua na área de Infraestrutura de Transportes. Orienta trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado nos seguintes temas: Solo, Concreto e Materiais Reciclados, Dimensionamento de Pavimentos, Avaliação e Gestão de Pavimentos.

**Alexandra Patricia Albareda**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Mestre em Planejamento e Governança Pública - (41) 98803-2531 - e-mail: alexandra.albareda@gmail.com

**Alexandre Mikowski**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC

**Amir Mattar Valente**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina junto ao curso de Engenharia Civil na UFSC e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. Pesquisador de Desenvolvimento Tecnológico, nível 2 do CNPq. Coordenador Geral do Laboratório de Transportes e Logística, da Universidade Federal de Santa Catarina - LabTrans/UFSC.

**Andressa Rosa Mesquita**

Doutoranda em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Gerente de Operações de Transportes na Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro.

**Breno Salgado Barra**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC.

**Camila Belleza Maciel Barreto**

Doutora em Engenharia Civil, na área de concentração "Infraestrutura e Gerência Viária", na Universidade Federal de Santa Catarina. Coordenadora de Segurança Viária do Laboratório de Transportes e Logística, da Universidade Federal de Santa Catarina - LabTrans/UFSC.

**Daniel da Silva Dias**

Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Técnico em Transporte e Trânsito da Prefeitura de Juiz de Fora.

**Daniel Hastenpflug**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC.

**Diamantino Augusto Sardinha Neto**

Doutor em Ciências Sociais na Pontifícia Universidade Católica - PUC-SP em 2012. Professor Titular da graduação e MBA na Anhanguera Educacional. Pesquisador visitante no IST (Instituto Superior Técnico) da Universidade de Lisboa. Pesquisador do Observatório das Metrôpoles - núcleo São Paulo. Assessor Executivo da Gerência Geral de Operação na Companhia Paulista de Trens Metropolitanos - CPTM.

**Eduardo Cesar Amancio**

Eng Civil e mestre pela UTFPR.

**Estéfani Clara**

Professora Mestre, Pesquisadora da UFSC.

**Fábio Gonçalves Cavalcante**

Engenheiro Mecânico especializado em cálculo estrutural e ferrovia, mestre em engenharia mecânica, materiais e processos com ênfase em mecânica da fratura pela Fundação Inaciana Pe. Sabóia de Medeiros - FEI. Supervisor de Engenharia de Material Rodante no Metrô de São Paulo - Metrô.

**Gabriela da Costa Bonetti**

Eng Civil e mestre pela UTFPR.

**Helena Paula Nierwinski**

Professora adjunta do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Departamento de Engenharias da Mobilidade, UFSC, campus Joinville-SC.

**Juliana Bevilacqua Jacob**

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário Barão de Mauá (2003), MBA em Gestão e Engenharia de Custos pelo IBEC (2016) e mestra em Engenharia Urbana, pela UFSCAR (2018). Docente e profissional atuante em projetos de arquitetura e na gestão da construção civil, nas áreas de orçamento, planejamento e gerenciamento de obras.

**Leandro Podda**

Egresso do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Departamento de Engenharias da Mobilidade, UFSC, campus Joinville-SC.

**Leonardo Amorim de Araujo**

Doutor em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de MG – campus Santos Dumont.

**Leto Momm**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (1974), pós-graduado em Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1981) e doutorado em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (1998), com a pesquisa de doutoramento realizada no LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Nantes - Fr. Professor em Engenharia Civil de 1975 a 2014 da Universidade Federal de Santa Catarina, e aposentado na classe de Associado IV. Professor Voluntário de 2014 até 2020, com renovação por mais dois anos, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville, na Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Pesquisas de Comportamento de Materiais para a Infraestrutura de Transportes, atuando principalmente nos temas de Materiais de Pavimentação, Concretos Asfálticos, com

ligantes convencionais, modificados por polímeros, mornos, drenantes; desenvolvimentos de estudos e equipamentos de ensaios de Módulo Complexo e Fadiga dos concretos asfálticos, Estudos do Comportamento dos Materiais em Campo, Pesagens em Movimento e Dano aos Pavimentos.

**Lilian Kethelyn Brum Maciel Rodrigues**

Mestranda, Pesquisadora da UFSC.

**Luiz Marcelo Teixeira Alves**

Pesquisador e consultor em planejamento de transportes e mobilidade urbana, atuando principalmente nos seguintes temas de mobilidade e micromobilidade, planejamento de transportes públicos, modelagem, microssimulação e planos de mobilidade urbana; Engenheiro civil pela Universidade de São Paulo (USP) e mestre em Transportes pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

**Luiza Marilda Pacheco Castagno Simonelli**

Bacharela em Direito pelo Centro Universitário Curitiba (2002), licenciada em História pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (1993) e mestre em Tecnologia e Sociedade pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2019). Atualmente é assessora parlamentar - chefe de gabinete parlamentar - na Câmara Municipal de Curitiba. Tem experiência na área de Direito, com ênfase em Direito, atuando principalmente nos seguintes temas: trânsito, educação, mobilidade, modais e transporte.

**Marcelo Heidemann**

Professor adjunto do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Departamento de Engenharias da Mobilidade, UFSC, campus Joinville-SC.

**Maria Isabel Iijima**

Eng Civil pela UTFPR.

**Mayra Branco**

Eng Civil pela UTFPR

**Natalia Luiza Cavichioli**

Eng Civil pela UTFPR e mestre pela UFPR.

**Nestor Cortez Saavedra Filho**

Possui graduação em Bacharelado em Física pela Universidade Federal de Pernambuco (1992) e doutorado em Física pela Universidade de São Paulo (1999). Atualmente é Professor Associado no Departamento Acadêmico de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). É orientador de mestrado e doutorado no Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Tecnológica e Educacional (PPGFCET) e de Mestrado e Doutorado no Programa de Pós Graduação em Tecnologia e Sociedade (PPGTE), ambos na UTFPR. Atua na área de Ensino de Ciências, com os interesses: 1) Elaboração, utilização e avaliação de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e suas relações com os Recursos Educacionais Abertos embasados em referenciais teóricos de Ensino-Aprendizagem; 2) Mediação tecnológica no Ensino de Ciências sob o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade; 3) Ensino de Física Moderna e Contemporânea e 4) A Mobilidade Urbana como tema gerador para o Ensino de Ciências.

**Nivaldo Gerônimo da Silva Filho**

Pós-Doutor - estágio Pós-doutoral realizado junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC) da Universidade Estadual Paulista (UNESP-BAURU), com fomento (bolsa) Capes. Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), com fomento (bolsa) Capes. Mestre em Urbanismo pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano (MDU) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com fomento (bolsa) CNPQ. Graduação (Bacharelado) em Ciências Sociais com ênfase em Sociologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atualmente exerce a função de Docente (Professor Substituto) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Compõe a Comissão do Plano de Caráter Emergencial de Atividades Acadêmicas/Pedagógicas Remotas da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), provocada pela pandemia de COVID-19, de acordo com as orientações contidas na PORTARIA/UEPB/GR/0014/2020. É Membro convidado do Corpo Científico/Avaliador do Periódico/Revista Brasileira de Planejamento e

Desenvolvimento (RBPD-ISSN: 2317-2363), editada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Também é Membro da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET). Faz parte da Associação de Engenheiros BRASIL-ALEMANHA (VDI) de competência para trabalhos Tecnológicos/Científicos. Desde 2012 compõe o Núcleo de Estudos em Trânsito, Transportes e Logística (NESTTRAL-UFSCar), e a partir de 2017 passou a compor o Núcleo de Pesquisa no Ambiente Construído (NUPAC-UNESP). O escopo de suas pesquisas está voltado para os seguintes temas: Planejamento e Desenvolvimento Urbano e Regional; Gestão da Cidade; Projetos em Engenharia Ambiental; Multimétodos: Método Delphi, Geoestatística e Vistoria Técnica associadas ao Transporte Sustentável; Metodologia de Projetos e Serviços Urbanos; Planejamento/Políticas de Transporte; Engenharia de Tráfego; Mobilidade e Sustentabilidade Urbana; Técnicas de Mensuração da Qualidade dos Transportes Não Motorizados; Acessibilidade de Idosos; Sociologia dos Serviços; Características Institucionais, Econômicas, Políticas e Sociais dos Serviços de Transporte Urbano; Segurança Viária; Educação no Trânsito e Meio Ambiente e Transportes Urbanos.

**Paula Carolina Alves Pudell**

Eng Civil e mestre pela UTFPR.

**Rafael Gândara Calabria**

Pesquisador em Mobilidade Urbana; Geógrafo pela Universidade de São Paulo (USP).

**Ruan Marcos Xavier**

Graduando, Pesquisador da UFSC.

**Sheila Elisângela Menini**

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa, Professora titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de MG – campus Juiz de Fora.

**Tatiana Maria Cecy Gadda**

Arquiteta pela PUCPR, Mestre pela KHT e PhD pela Universidade de Chiba Japão.

**Tiago Augusto Pianezzer**

Mestre em Engenharia de Transportes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro Civil do Departamento de Segurança Viária e Engenharia de Tráfego do Laboratório de Transporte e Logística, da Universidade Federal de Santa Catarina - LabTrans/UFSC.

**Valter Zanela Tani**

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Gerente de planejamento de transportes da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária – FAPEU. Coordenador Técnico do Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina - LabTrans/UFSC.

**Victor Hugo-Pereira**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Mestre em Planejamento e Governança Pública - Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças CEP 80230-901 - (41) 99263-5499 - e-mail: [vpereira@alunos.utfpr.edu.br](mailto:vpereira@alunos.utfpr.edu.br)

**Yader Guerrero Pérez**

Professor Doutor, Pesquisador da UFSC.



ISBN 978-65-994079-6-3



Editora  
**MultiAtual**