



1º Simpósio de Transportes do Paraná

**2º Seminários em Aeroportos e
Transporte Aéreo**

2º Urbanidade

**21 a 23 de março de 2018
UFPR
Curitiba/PR - Brasil**



Daniane Franciesca Vicentini (Coordenadora)

Andréa Ryba Lenzi (Organizadora)

Joe Arnaldo Villena Del Carpio (Organizador)

1º Simpósio de Transportes do Paraná

2º Seminários em Aeroportos e Transporte Aéreo

2º Urbanidade

Curitiba

Setor de Tecnologia da UFPR



2018

Copyright ©2018, Simpósio de Transportes do Paraná (STPR), Seminários em Aeroportos e Transporte Aéreo (SATA) e Urbanidade.

ISSN: 2676-0088

ISBN: 978-85-5780-028-1

Núcleo Editorial

Departamento de Transportes (DTT). Setor de Tecnologia.

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Avenida Coronel Francisco Heráclito dos Santos, nº 100. Centro Politécnico, Bloco V

81531-990 Curitiba-PR, Brasil

Esta é uma publicação dos trabalhos aprovados e apresentados no 1º Simpósio de Transportes do Paraná, 2º Seminários em Aeroportos e Transporte Aéreo e 2º Urbanidade.

Todos os direitos reservados. O conteúdo dos trabalhos (artigos completos, comunicações técnicas ou relatórios de pesquisa em andamento) é de exclusiva responsabilidade de seus autores, que consentiram a publicação neste volume. Os autores dos trabalhos aqui disponibilizados autorizam, para fins científicos, a citação de seus trabalhos, desde que referenciados com a correspondente autoria, título do artigo/resumo, paginação, título da obra, ano e volume desta. Nenhuma parte desta obra poderá ser utilizada para fins econômicos ou reproduzida inteira ou parcialmente por processo mecânico, eletrônico ou outro sem a autorização escrita do editor e dos autores (de acordo com a Lei nº 9.610 de 19/02/1998).

Corpo Editorial

Andrea Ryba Lenzi
Daniane Franciesca Vicentini
Joe Arnaldo Villena Del Carpio

Comitê Organizador

Daniane Franciesca Vicentini (Coordenação)
Andrea Ryba Lenzi
Joe Arnaldo Villena Del Carpio
Jorge Tiago Bastos
José Ricardo Vargas de Faria
Alceu Dal Bosco Junior
Aline Eskelsen da Silva
Beatriz Pontes Sant'Ana Branco
Gabriel Caldeira
Kauane Caroline Dubiella
Nicole Hatori Gicklhorn
Paula Godoy
Rodolfo Augusto da Costa

Comitê Científico de Área: Engenharia de Transportes

Andrea Ryba Lenzi
Jorge Tiago Bastos
José Ricardo Vargas de Faria

Comitê Científico de Área: Infraestrutura de Transportes

Andrea Ryba Lenzi
Daniane Franciesca Vicentini
Joe Arnaldo Villena Del Carpio

Nossos mais sinceros agradecimentos àqueles que dedicaram algumas horas na tarefa de revisão dos trabalhos submetidos, a fim de torná-los compatíveis com a qualidade esperada para estes, adequá-los aos formatos do evento e para a melhoria da qualidade final desta obra. Assim, além dos membros dos comitês já mencionados, agradecemos aos pesquisadores a seguir:

Comitê Científico de Apoio (Avaliadores de Artigos Completos)

Amanda Jarek (UFPR)
Andrea Ryba (UFPR)
Cassiano Augusto Isler (UFSC Joinville)
Daniane Franciesca Vicentini (UFPR)
Danilo Rinaldi Bisconsini (UTFPR Pato Branco)
Fabiana Arruda (UNB)
Fernando Hideki Hirose (UFSCAR)
Garrone Reck (UFPR)
Jair Ferreira de Almeida (UTFPR)
João Victor Staub de Melo (UFSC)
Joe Arnaldo Villena Del Carpio (UFPR)
Jorge Tiago Bastos (UFPR)
José Leomar Fernandes Júnior (USP)
José Ricardo Vargas de Faria (UFPR)
José Thomaz Mendes Filho (UFPR)
Karin Graf (UFPR)
Karla Cristina Rodrigues Silva (CEFET MG)

Magaly Pazzian Romão (FATEC Jahu)
Marcelo Lenzi (UFPR)
Marcia de Andrade Pereira Bernardinis (UFPR)
Patrícia Schipitoski Monteiro (Universidade Positivo)
Roberto Gregório da Silva Junior (UFPR)
Sérgio Scheer (UFPR)
Sérgio Tadeu Gonçalves Muniz (UTFPR)
Vanessa Marie Salm (UDESC)
Wilson Paulo Betttega (UFPR)
Yader Alfonso Guerrero Pérez (UFSC Joinville)

Comitê Científico de Apoio (Avaliadores de Resumos Expandidos)

Alexandre Cardoso
Bruna Buher
Carlos William Rezende
Cláudia Zurita
Eclesielter Batista Moreira
Eduardo Damin
Fernanda Gadler
Filipe Fornazari
Jean Carlo García Núñez
Jean Felipe Miecowski
Mayara Castro Silva
Neusa Figur
Vanessa Bacca Couto Joenck

Expressamos também agradecimentos sinceros pelo inestimável trabalho dos voluntários que prestativamente estiveram presentes nos momentos que antecederam, bem como durante a realização do evento, organizando, prestando auxílio e colaborando enormemente com o bom andamento do evento. São eles:

Comitê de Voluntários

André Victor Igarashi

Beatriz Castellon da Costa

Bruno Henrique Moraes

Daniel Palomero Rodrigues

Danilo Carvalho dos Santos

Dieudonne Kabemba Tshibuabua

Fabrcio Heiss Janissek

Gabriel Fieldler Bernardini

Jean Felipe Micoanski

Karina Rosa Mendes

Kauane Ribeiro Tavares

Michelle de Lima Rodrigues

Prefácio

O Simpósio de Transportes do Paraná (STPR) em sua primeira edição surgiu a partir da iniciativa de alguns docentes pesquisadores do Departamento de Transportes da Universidade Federal do Paraná e de estudantes do curso de Engenharia Civil, atuantes no Grupo de Estudos em Transportes (GET).

Juntamente ao 1º STPR, foram realizados dois eventos correlatos, em suas segundas edições: o 2º Seminários em Aeroportos e Transporte Aéreo (SATA) e o 2º Urbanidade, que surgiram através de iniciativas independentes de alguns docentes membros do comitê organizador em 2016, reunindo, assim, durante três dias consecutivos, eventos da área de Transportes, possibilitando uma abrangência maior de participantes e trabalhos.

O evento pretendia alcançar, como público-alvo, pesquisadores das universidades de Curitiba e região (estudantes de graduação atuantes em projetos de iniciação científica, trabalho final de curso ou programas de voluntariado acadêmico que realizassem pesquisas na área de transportes, bem como alunos de pós-graduação e docentes), abranger a participação de integrantes de outros estados e profissionais da área que desejassem atualização. Para isso, o evento foi organizado de tal modo a ser totalmente gratuito, pretendendo estimular o amplo engajamento e a integração de discentes em pesquisas na área de transportes, bem como o desenvolvimento de novas pesquisas e projetos inovadores. Por se tratar de evento voltado à área, pretendíamos ainda promover a atualização de profissionais sobre as novidades e tendências na área de transportes, o intercâmbio de conhecimento e o debate saudável entre pesquisadores e profissionais, e ainda conciliar os interesses entre a academia e empresas/organismos. Pretendíamos também provocar uma maior realização de atividades no âmbito da pós-graduação, possibilitando aos pesquisadores a oportunidade para a difusão e uma avaliação crítica de seus trabalhos, oportunizando também a publicação gratuita de suas pesquisas. Como objetivo final, pretende-se, em particular, que a presente obra torne-se uma referência como ferramenta de busca livre, disponível ao alcance de todos.

Assim, o evento foi realizado através do empenho e esforços conjuntos envolvendo o GET, Departamento de Transportes, Setor de Tecnologia, membros do Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento Avançado em Infraestruturas (GPDAI) e do Laboratório de Pavimentação Professor Armando Martins Pereira (LAMP) e também contou com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), sem os quais, não teria sido possível sua realização e gratuidade.

Para as palestras, sessões técnicas e mesas-redondas, procuramos trazer convidados de destaque nas respectivas áreas, que efetivamente viessem a acrescentar, apresentando o resultado de suas pes-

quisas e temas atualizados, compartilhando de suas experiências, conhecimento técnico e científico, trazendo aos participantes as últimas novidades em Transportes.

O evento reuniu trabalhos nas áreas de Engenharia de Transportes (operações de sistemas de transporte, planejamento, mobilidade, capacidade das vias, logística, economia dos transportes, engenharia de tráfego, veículos e equipamentos), Infraestrutura de Transportes (aeroportos, ferrovias, rodovias, portos e vias navegáveis, transporte dutoviário, OAE, drenagem, segurança viária, pavimentação) e correlatas, em um total de 44 trabalhos, sendo 25 Artigos Completos e 19 Resumos Expandidos, que são apresentados neste volume. O evento abrangeu trabalhos não somente de Curitiba e região, mas também oriundos de Estados vizinhos (Santa Catarina e São Paulo).

Esperando ter alcançado os nossos objetivos, agradecemos a todos pela participação, e desejamos que tenham tido um ótimo evento!

Daniane Franciesca Vicentini

Coordenadora do 1ºSTPR/2ºSATA/2ºUrbanidade

Sumário

ARTIGOS COMPLETOS

- Levantamento de Quantitativos de Ponte: Comparação entre o Método Tradicional e BRIM 13**
E. L. Machado; S. Scheer; A. P. L. Santos
- Aplicação de Economia Colaborativa em Equipamentos de Construção 23**
G. H. Pereira; J. V. D. P. Longen; A. Ryba
- Estudo de Laminados de Materiais Compósitos no Transporte Aéreo 31**
K. C. Dubiella; D. F. Vicentini
- Análise Dinâmica de Pavimentos Flexíveis: Efeito da Velocidade e Pressão dos Pneus nas Tensões e Deflexões .. 41**
N. Figur; F. D. Vicentini
- Monitoramento de Pavimentos com Dispositivos Móveis 51**
D. R. Bisconsini; J. L. Fernandes Júnior
- Estudo de Viabilidade da Carona como um Modal de Transporte Atrativo para Estudantes do *Campus* Curitiba da PUCPR 61**
R. L. Witiuk; F. B. von der Osten
- Estudo Quantitativo do Trânsito em Pontos Críticos da Cidade de Joaçaba/SC..... 71**
L. A. Bulla; G. Luvizão; F. A. Nienov; L. Q. Zampieri
- Análise da Eficiência Energética no Transporte Urbano de Curitiba 83**
L. P. Basile
- Estudo do Impacto no Trânsito em dois Trechos da via Rápida do Eixo Estrutural de Curitiba pela Implantação de Faixas Exclusivas Utilizando Simuladores de Tráfego..... 91**
M. A. P. Bernardinis; T. A. Pianezzer; G. L. Monich
- Avaliação do Potencial de Sistemas BIM para Estudo de um Traçado Rodoviário 101**
A. C. Gosch; C. C. Luz; S. Scheer
- Diagnóstico da Mortalidade de Pedestres no Brasil 111**
G. P. Caldeira; B. P. S. Branco; J. T. Bastos
- Políticas Públicas de Acessibilidade Voltada aos Idosos: o Caso Brasileiro 121**
N. G. da Silva Filho; R. C. Magagnin
- Estudo das Patologias na via Permanente da Ferroeste entre Pátio Cascavel e Pátio Campo Bonito/PR 129**
M. E. Guimarães; T. M. Basso
- Ligantes Asfálticos Modificados com Resíduos: uma Revisão de Literatura 141**
M. E. Guimarães; R. O. Souza

Desenvolvimento de <i>Software</i> para a Otimização da Produção Horária de Equipamentos em Operações de Terraplenagem	153
J. G. C. Azevedo; D. F. Vicentini	
Avaliação da Qualidade Espacial para o Pedestre em Área Central de Cidade de Médio Porte	163
B. F. Tonon; J. V. S. Lima; R. C. Magagnin; O. B. Faria	
Pesquisa de Qualidade no Transporte Público de Curitiba: Análises e Considerações.....	173
A. C. C. Caracas; M. A. P. Bernardinis; J. T. Bastos	
Uma Investigação da Influência de Dispositivos da Engenharia de Tráfego no Sistema Viário: Intervenção na Rua Padre Agostinho	183
M. A. P. Bernardinis; L. M. Pavelski; A. T. G. Molinari; B. M. C. B. Kureke	
Elaboração de uma Ferramenta de Autoavaliação da Segurança Viária no Setor Público Municipal.....	191
L. Ribeiro; N. de Sousa; J. T. Bastos; B. P. S. Branco	
Embarque e Desembarque na PUCPR: o Impacto do Transporte Fretado no Entorno do <i>Campus</i> Curitiba.....	201
A. D. Pessin; F. von der Osten; R. L. Witiuk; I. A. C. F. Barros	
Análise Logística da Matriz Ferroviária Nacional através de Pesquisa Operacional	211
K. J. Faria; J. V. S. M. Catarino; D. F. Vicentini	
Efeito do Tipo de Compactação, por Impacto ou por Amassamento, no Teor de Ligante e Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas	221
F. Gadler; J. Villena; L. F. R. Miranda	
Misturas Asfálticas Autorregenerativas: Estado da Arte	231
V. Bacca Couto Joenck; J. Villena	
Análise de Centralidade de Proximidade nos dez Aeroportos de Maior Movimentação de Passageiros do Brasil	241
L. R. Alves; D. F. Vicentini	
Proposta de Integração de Veículo Leve sobre Trilhos ao Sistema de Transporte Público de Passageiros de Curitiba	249
G. M. de O. Belich; V. H. Bannach; P. S. Monteiro	
RESUMOS EXPANDIDOS	
Estudo do Potencial de Fissuras em Quinas Multimateriais Típicas de OAEs	261
F. F. Fornazari; D. F. Vicentini	
Relação entre o Número de Acidentes de Trânsito e a Macrotextura Superficial das Rodovias Paranaenses	263
A. E. da Silva; B. H. Moraes; K. R. Mendes; J. Villena	
Uso de Acelerômetros para a Avaliação da Irregularidade Longitudinal de Pavimanetos	265
D. R. Bisconsini; J. L. Fernandes Júnior	

Diagnóstico da Mortalidade de Pedestres nos Estados Brasileiros: Evolução das Taxas de Mortes	267
G. P. Caldeira; B. P. Branco; J. T. Bastos	
Diagnóstico da Mortalidade de Pedestres nos Estados Brasileiros: Aspectos Demográficos	269
G. P. Caldeira; B. P. Branco; J. T. Bastos	
Diagnóstico da Mortalidade de Pedestres nos Estados Brasileiros: Modo de Transporte.....	271
G. P. Caldeira; B. P. Branco; J. T. Bastos	
O Perfil e o Estudo do Comportamento Humano nos Acidentes de Trânsito: o Uso do Celular em Curitiba ...	273
M. A. P. Bernardinis; L. L. V. Ruiz; J. T. Bastos	
Análise de Métodos de Levantamento de Defeitos em Pavimentos Urbanos	275
I. A. Souto; D. R. Bisconsini; J. L. Fernandes Júnior	
Estabilização de Solo com Adição de Lodo de Esgoto Calcinado Aplicado à Pavimentação	277
M. Prate; L. Furlan; E. Damin	
Estabilização de Solo com Adição de Lodo de Papel Calcinado Aplicado à Pavimentação	279
L. Furlan; M. Prates; E. Damin	
Pedala TO	281
N. B. M. Souza; M. F. A. Magalhães; A. M. Fedeger	
O Uso da Hidrovia na Logística Urbana.....	283
E. D. R. Rodrigues; O. F. Lima Júnior	
Avaliação do Impacto do Horário de Verão nos Custos dos Transportes	285
A. Ryba; C. B. Oliveira; P. D. da Silva	
Análise dos Acidentes de Trânsito no Perímetro Urbano de Pato Branco/PR	287
G. Legramanti; D. R. Bisconsini	
Diagnóstico da Qualidade do Transporte Coletivo sob a Ótica do Usuário na Cidade de Pato Branco/PR	289
K. F. Rubio; D. R. Bisconsini	
Atualização do IMUS Curitiba	291
S. Pontes; M. Rossi; R. L. Witiuk; F. B. von der Osten	
Dinâmica de Mini-Terminais no Trânsito: um Estudo de Caso	293
P. Godoy; R. A. Costa; M. C. Suginoshita; G. P. Caldeira; L. B. P. Leme; A. D. Bosco Junior	
Análise Econômica do Uso da Bicicleta em Curitiba	295
R. L. Witiuk; B. Lemes; F. B. von der Osten	
Estudo da Ligação Ferroviária Dourados – Paranaguá	297
R. L. Witiuk; B. Lemes; E. Veronese; F. B. von der Osten	

Artigos Completos



LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DE PONTE: COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL E BRIM

E. L. Machado¹; S. Scheer²; A. P. L. Santos³

^{1,2,3} Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Curitiba/PR, CEP 81530-900
eduarda.lauck@ufpr.br¹, scheer@ufpr.br², adrianapls@ufpr.br³

Resumo: A determinação dos custos dos empreendimentos de construção civil é feita por meio do processo de orçamentação, cuja etapa inicial se trata do levantamento dos quantitativos de serviços e de insumos. Normalmente, o levantamento de quantitativos é realizado a partir da análise do projeto desenvolvido, das especificações técnicas e das plantas construtivas. Esse método pode, muitas vezes, apresentar-se falho, afetando, frequentemente, a tomada de decisão das empresas. Este artigo busca comparar o processo de levantamento de quantitativos de uma ponte pelo método tradicional e também com a utilização de *software* BIM (Building Information Modeling – Modelagem da Informação da Construção). A partir do BIM aplicado aos edifícios, surge o conceito de BrIM (do inglês, Bridge Information Modeling – Modelagem de Informações de Pontes), aplicado a pontes. Para tanto, foram desenvolvidos três experimentos, comparando-se as diferenças entre o método convencional e os assistidos por *software* BIM. Observa-se que o método utilizando BrIM apresenta vantagens em relação ao método tradicional, no que se refere a precisão e a rapidez dos levantamentos.

Palavras-chave: Estimativa de custo, Levantamento de quantitativos, Modelagem da Informação da Construção (BIM), Modelagem da Informação de Ponte (BrIM).

Abstract: The determination of the cost of construction projects is made through the budget process, whose initial stage it is the quantity takeoff of services and inputs. Normally, the quantity takeoff is performed from project analysis developed, technical specifications and construction plans. This method can often present itself flawed affecting frequently the decision making of companies. This article aims to compare the quantity takeoff process of a bridge by the traditional method and with the use of BIM (Building Information Modeling) software. From BIM applied to buildings, the concept of BrIM (Bridge Information Modeling) emerges, applied to bridges. Therefore, three experiments were conducted, comparing the differences between the conventional method and methods assisted by BIM software. It is possible to note that the BrIM method presents advantages compared to the traditional method, as regards the accuracy and the speed of takeoff.

Keywords: Cost estimation, Quantity takeoff, Building Information Modelling (BIM), Bridge Information Modelling (BrIM).

1 Introdução

A estimativa de custos, ou orçamentação, é uma etapa fundamental para a engenharia e influencia significativamente o planejamento, o projeto, a licitação, o gerenciamento de custos e até mesmo o gerenciamento da construção. São as estimativas que permitem que os proprietários e gestores possam avaliar os custos de viabilidade e controle de projetos de forma eficaz [1].

De acordo com [2], devido a orçamentação de obras se tratar de um procedimento quase totalmente manual, esta pode apresentar diversos equívocos, sendo que muitos deles ocorrem na etapa de levantamento de quantitativos, o que faz com que o erro se propague gradativamente em todo o orçamento. Sendo assim, um erro no levantamento de quantitativos pode refletir na avaliação do custo final de um empreendimento, afetando, assim, a tomada de decisão das empresas.

As pontes constituem um elo crítico na rede rodoviária e exigem um grande investimento de capital tanto para a construção quanto para manutenção. Essas estruturas, juntamente com os viadutos e túneis, são chamadas Obras de Arte Especiais (OAEs). Segundo dados de Custo Médio Gerencial do DNIT¹, a construção de uma OAE de concreto armado tem custo médio de R\$ 4.080,20 o metro quadrado de construção, considerando infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura, sem os acessos e fundações especiais, enquanto os projetos de uma OAE têm um custo médio de R\$ 100,00 o metro quadrado², considerando os estudos, os levantamentos e as sondagens. Assim, um erro no levantamento de quantitativos de uma ponte pode afetar expressivamente o orçamento de sua construção.

No processo tradicional de execução de um projeto de construção civil, em que cada conjunto de informações é agregado ao processo, podem ocorrer falhas na fase de planejamento e, principalmente, de levantamento de custos do empreendimento, decorrentes da dificuldade de coordenar e alinhar todas as informações inerentes ao processo [3].

De acordo com a referência [4] o levantamento de quantitativos é uma das tarefas-chave no processo de construção, pois é a base para várias outras tarefas, os elementos de construção são medidos e as quantidades são então utilizadas para estimar o custo e a carga de trabalho relevante. Ainda segundo os autores, o levantamento de quantitativos nos estágios iniciais fornece a base para uma estimativa preliminar de custos para o projeto. Já na fase de orçamentação é utilizado para auxiliar na estimativa do custo e duração das atividades de construção do projeto, antes da fase de construção é usado para prever e planejar as atividades de construção; e durante a fase de construção é utilizado para o controle de custos do projeto.

Segundo a referência [5], a ausência de padronização no levantamento dos quantitativos em um projeto pode ser apontada como uma das fontes de imprecisão no custo final do orçamento, da

¹ Dados de setembro de 2016. Disponível em http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/copy_of_custo-medio-gerencial.

² Dados de janeiro de 2014. Disponível em http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/copy_of_custo-medio-gerencial.



mesma maneira que o desconhecimento sobre a relação entre o coeficiente de consumo da composição de custo e seu respectivo critério de medição.

Conforme a referência [6], o levantamento de quantitativos 2D faz parte do processo tradicional de orçamentação, que é baseado nos projetos impressos e executado por disciplinas. O responsável por este levantamento de quantitativos mede cada elemento do projeto, identificando-o por meio de um código ou pelo seu ambiente.

A referência [4] destaca ainda, que uma vez que cada elemento é medido individualmente, essa medição pode conter inferências e interpretações pessoais do projeto, ou seja, mesmo sendo baseados nas mesmas especificações, dois levantamentos de quantitativos, executados por indivíduos diferentes, podem apresentar resultados diferenciados.

Tratando-se de elaboração de orçamentos, etapa em que se tem prazos mais enxutos, muitas vezes não há tempo hábil para a solicitação de materiais de acordo com o planejamento desejado para a obra. É, portanto, nesta etapa que a extração de quantitativos com uso da modelagem de informações da construção (Building Information Modelling ou BIM) objetiva atuar, pois uma vez que o modelo detém todas as informações necessárias de projeto, obtém-se facilmente o levantamento de quantitativo, e assim espera-se que haja menos desvios nos cálculos, melhor rastreabilidade da informação e maior flexibilidade na obtenção dos dados [6].

A referência [7] define o BIM como “um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem que várias partes interessadas possam projetar, construir e operar uma instalação de forma colaborativa”. O BIM é um método que aborda o projeto de construção e toda documentação do mesmo, considerando todo o ciclo de vida do empreendimento, incluindo informações relacionadas à concepção, simulação e operacionalização através da utilização de diferentes ferramentas integradas [8].

Na literatura é possível encontrar vários trabalhos que apresentam o BIM para o levantamento de quantitativos [2, 4, 6, 9, 10]. Destaca-se assim, o grande potencial da tecnologia BIM no levantamento de quantitativos de obras.

A partir do BIM aplicado aos edifícios, surge o conceito de BrIM (do inglês, Bridge Information Modeling - Modelagem de Informações de Pontes), aplicado a pontes. A referência [11] aponta que o BrIM tornou-se uma ferramenta amplamente eficaz na indústria de engenharia e construção de pontes, visto que não se trata apenas uma representação geométrica de pontes, mas uma representação inteligente de pontes, pois contém todas as informações necessárias sobre pontes ao longo de seu ciclo de vida.

A referência [11] define o BrIM como um modelo 3D com componentes inteligentes. O modelo 3D da ponte pode ser usado para: atualização de desenhos, levantamento de quantitativos e lista de materiais; enquanto o modelo 4D pode conectar elementos de modelo a cronogramas de tempo, e o modelo 5D, integra a estimativa de custo com os componentes do modelo.

Desta forma, o BrIM tem grande efeito na melhoria das três principais preocupações dos *stakeholders* de pontes, que são qualidade, cronograma e custo, e é necessária para pontes, pois cria consistência na informação em diferentes fases do projeto à manutenção [12].

Na literatura encontram-se pesquisas focadas diretamente sobre a integração das etapas de construção de uma ponte, através da concepção e construção, manutenção e operação para a estrutura [9, 13-16].

Deste modo, este artigo tem como objetivo apresentar uma comparação entre os levantamentos de quantitativos para a construção de uma ponte de concreto armado, utilizando o método convencional e *softwares* de plataforma BIM. Para tanto serão realizados dois experimentos comparando-se as diferenças entre os levantamentos realizados utilizando o *software* AutoCAD e dois *softwares* de plataforma BIM, o SketchUp, que um *software* de modelagem 3D, e o Revit, uma ferramenta BIM multidisciplinar que permite simular uma obra no seu ambiente gráfico.

2 Método

A primeira etapa desta pesquisa consistiu numa revisão bibliográfica apresentada na seção de introdução. Esta revisão, do tipo narrativa, não se utilizou critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura, uma vez que não tinha como objetivo esgotar as fontes de informações [17].

O método de pesquisa adotado para este artigo foi a pesquisa experimental, que consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Cabe destacar que este método de pesquisa não precisa necessariamente ser realizado em laboratório [18].

A ponte para a qual foi realizado o levantamento de quantitativos é uma estrutura já existente, situada no estado do Paraná e é composta por uma plataforma de seção caixão, com 67,5 m de comprimento e 12,5 m de largura. A plataforma tem uma altura total de 2,62 m e está apoiada sobre 3 pares de pilares de seção circular com 8 m de comprimento e raio igual à 0,4 m. Na base de cada par de pilares existe uma viga com 0,5m de base, 0,8 m de altura e 3,83 m de comprimento. A fundação é formada por sapatas circulares cônicas (de base maior com 1,6m de raio e base menor de 0,5 m de raio), com uma base cilíndrica de 1,6 m de raio e 0,3 m de altura. Os planos 2D e a modelagem da ponte nos *softwares* SketchUp e Revit foram feitos a partir de material fotográfico procedentes de relatórios de inspeção.

Nos experimentos buscou-se obter o levantamento de quantitativos de: volume de concreto da estrutura, área a ser coberta com asfalto, área a ser coberta de tinta azul (área externa da plataforma) e com tinta vermelha (área externa dos pilares).

Foram propostos três diferentes experimentos, em que o primeiro tem como objetivo obter os quantitativos de materiais pelo método tradicional, o segundo objetiva levantar esses quantitativos utilizando um *software* com plataforma BIM mais simples, o SketchUp, e o terceiro utilizando outra plataforma BIM, o Revit.

O experimento pelo método tradicional utilizou como base os planos 2D da ponte, a partir dos quais se realiza de forma manual o levantamento de materiais utilizados na estrutura da ponte. Para tanto foi utilizado o *software* AutoCAD 2018, em versão educacional. Nesta etapa os materiais foram medidos diretamente no *software* (Figura 1), com o uso de suas ferramentas, e organizados em planilhas.

Para o segundo experimento, com plataforma BIM, foi feita a modelagem da ponte no SketchUp Make 2017 (Figura 2), de forma que pudessem ser obtidos os quantitativos de materiais, por meio das dimensões dos sólidos gerados no modelo.



Figura 1 – Planos 2D da ponte no AutoCAD.



Figura 2 – Modelagem da ponte no SketchUp.

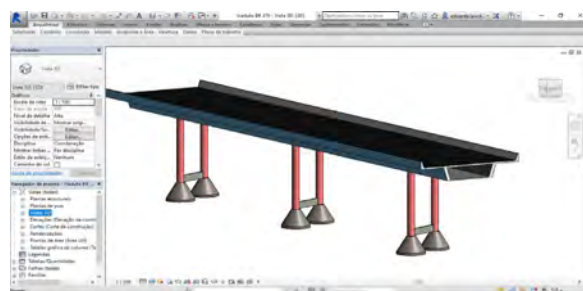


Figura 3 – Modelagem da ponte no Revit.

O terceiro experimento utilizou a modelagem da ponte no *software* Revit 2017, em sua versão educacional (Figura 3), como plataforma BIM, do qual se obtém, facilmente, o quantitativo de materiais. A partir da caracterização paramétrica dos objetos da ponte foi possível realizar a elaboração de tabelas de quantitativos. Este *software* permite a quantificação dos materiais com base nos componentes criados para representá-los, isto é, a criação de tabelas se baseia na quantificação do material escolhido para representar o objeto.

3 Resultados

Ainda que a ponte seja uma grande estrutura, sua modelagem está constituída por uma pequena variedade de materiais. Neste levantamento foi considerada apenas a quantidade de concreto presente na estrutura, concreto asfáltico, e tintas.

No primeiro experimento, com o uso do AutoCAD, foi realizado o levantamento diretamente do arquivo em plataforma CAD 2D. As medidas dos elementos da ponte foram registradas em uma planilha eletrônica, onde foram calculados os quantitativos de cada parte da estrutura.

No segundo experimento, que corresponde à modelagem da estrutura no SketchUp, os valores do volume de concreto bem como os valores das áreas de asfalto e de superfície a ser coberta por tinta não foram obtidos automaticamente. Uma vez selecionado um determinado elemento na modelagem, o *software* informa seu volume e sua área. Apenas os volumes da plataforma e da fundação tiveram que ser calculados manualmente, devido à complexidade de suas geometrias. Por se tratar de uma estrutura constituída por uma pequena variedade de partes, o levantamento das quantidades não foi complicado, apesar de não ser automático.

Vale ressaltar que dependendo da geometria dos elementos da ponte, o levantamento de quantitativos no SketchUp pode ser realizado por meio de dois *plugins*, o *Bimbon* e o *Cut List*. Estes *plugings* permitem a quantificação dos materiais com base nos materiais e componentes utilizados para representá-los. Assim, se os elementos estruturais da ponte forem pré-fabricados, estes podem ser acrescentados à modelagem utilizando o *plugin Bimbon*, cuja lista de itens e orçamento é gerada automaticamente. Caso a geometria seja de seções retangulares, o *Cut List* é capaz de realizar o levantamento de quantitativos. Devido às particularidades da ponte em questão, nenhum destes *plugins* poderia realizar o levantamento de quantitativos adequado.

As quantidades obtidas a partir dos levantamentos dos três experimentos podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Levantamento de quantitativo da ponte.

Material	Elemento	Levantamento tradicional	Levantamento SketchUp	Levantamento Revit
Concreto (m ³)	Fundação	56,69	56,69	57,00
	Pilares	24,13	24,13	24,12
	Plataforma	306,11	306,11	306,11
	Vigas	1,31	1,83	1,83
	Total	388,24	388,76	389,06
Asfalto (m ²)	Plataforma	789,75	789,75	789,75
Tinta Azul (m ²)	Plataforma	1139,40	1135,62	1136,99
Tinta Vermelha (m ²)	Pilares	120,64	120,29	120,43



Os quantitativos obtidos pelo Revit apresentam uma pequena diferença em relação aos obtidos pelo método tradicional e pelo SketchUp. Diferenças entre os levantamentos obtidos pelo método tradicional e os *softwares* de tecnologia BIM são observadas no volume total de concreto da estrutura, em que o levantamento de quantitativo manual é o menor valor obtido entre os três métodos (388,24 m³), e nas áreas a serem cobertas com tinta azul e vermelha, o método manual apresentou os maiores valores dentre os três (1139,40 m² e 120,64 m² respectivamente). Esse resultado já era esperado, visto que, os quantitativos foram extraídos por métodos diferentes, sendo que parte desses levantamentos foram obtidos de forma total ou parcialmente manual e sujeito a erros humanos.

Embora a diferença entre os valores seja muito pequena, em uma estrutura de maior porte, com uma maior quantidade de partes e mais volumosa, tal diferença poderia ser de fato significativa. A diferença observada nos experimentos não é apenas quantitativa. Vale enfatizar também que cada um dos métodos possui suas vantagens e desvantagens.

Apesar de predisposto a erros, o levantamento dos quantitativos pelo método manual proporciona maior facilidade de uso, uma vez que não apresenta necessidade de conhecimento de ferramentas avançadas de tecnologia da informação, diferentemente da plataforma BIM, que exige certo conhecimento por parte do projetista. Entretanto o processo manual é muito mais demorado que àqueles auxiliados por tecnologia BIM.

Por outro lado, o levantamento de quantitativos através de plataforma BIM propicia maior precisão dos materiais quantificados, já que os quantitativos extraídos são exatos, precisamente calculados pelas dimensões do modelo BIM. Utilizando a plataforma consegue-se também maior rapidez do levantamento, pois as tabelas de quantitativos fornecidas pelos *softwares* são obtidas quase instantaneamente, enquanto pelo método manual, o levantamento é um processo demorado, que despense um nível elevado de esforço, e que, ainda assim, é passível de erros. Além disso, no caso de uma alteração de projeto, esta é automaticamente refletida nos levantamentos de quantitativos, com o uso de uma plataforma BIM, o que não ocorre no método tradicional.

4 Conclusões

Este trabalho teve por objetivo comparar o levantamento de quantitativos de uma ponte considerando o método tradicional e também a utilização de tecnologia BIM. Para tanto, realizou-se o levantamento do volume de concreto, área de asfalto e de tinta numa ponte, pelos métodos propostos, e obteve-se como resultado uma pequena diferença, entre os valores de quantitativos extraídos, o que pode ser atribuído ao fato de que o levantamento pelo método tradicional está sujeito a erro humano inerente ao processo.

Contudo, no experimento utilizando um *software* de tecnologia BIM, o Revit, observou-se que os quantitativos decorrentes diretos da modelagem, são fornecidos de maneira precisa e rápida. Assim, esta tecnologia BIM se mostra muito eficiente na etapa do levantamento de quantitativos.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõem-se a realização de estudos sobre os custos associados ao uso dos métodos tradicional e BrIM.

Agradecimentos

Ao colega Claudio Cesar Wajdowicz pelo auxílio com a modelagem da ponte, no *software* Revit.

Referências

- [1] CHENG, M. Y.; TSAI, H. C.; HSIEH, W. S. Web-based conceptual cost estimates for construction projects using Evolutionary Fuzzy Neural Inference Model. **Automation in Construction**, v. 18, n. 2, p. 164-172, 2008.
- [2] SANTOS, A. P. L.; ANTUNES, C. E.; BALBINOT, G. B. Levantamento de Quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.
- [3] SAKAMORI, M. M.; SCHEER, S. Processo de extração de quantitativos de um modelo BIM 5D. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC 2016**.
- [4] MONTEIRO, A.; POÇAS MARTINS, J. A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. **Automation in Construction**, v. 35, p. 238-253, 2013.
- [5] MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composição de custos para orçamentação de obras de edificações**. 2009. 238f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [6] MELHADO, S.; PINTO, A. C. Benefícios e desafios da utilização do BIM para extração de quantitativos. In **SIBRAGEC ELAGEC 2015**, São Carlos. 2015.
- [7] SUCCAR, B. **Building Information Modeling: Organisational Implementation & Macro Adoption**. International Forum on BIM. 2016.
- [8] JALAEI, F.; JRADE, A.; NASSIRI, M. Integrating Decision Support System (DSS) and Building Information Modeling (BIM) to Optimize the Selection of Sustainable Building Components. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 20, n. 25, p. 399-420, 2015.
- [9] CARDONA, J. S. G.; CABRERA, A. G. Uso de la metodología BrIM (Bridge Information Modeling) como herramienta para la planificación de la construcción de un puente de concreto en Colombia. **Ciencia e Ingeniería Neogranadina**, v. 24, n. 2, p. 145-156. 2014.
- [10] COSTA, J. M. C.; SERRA, S. M. B. Comparação de processos de levantamento de quantitativos: tradicional e BIM. In **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC)**. n. 1, p. 2862-2871, 2014.
- [11] MARZOUK, M.; HISHAM, M. Bridge information modeling in sustainable bridge management. In: **ICSDC 2011: Integrating Sustainability Practices in the Construction Industry**. 2012. p. 457-466.
- [12] MARZOUK, M.; HISHAM, M. Implementing earned value management using bridge information modeling. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 18, n. 5, p. 1302-1313, 2014.
- [13] HALFAWY, F. C.; HADIPRIONO, F. C.; DUANE, J.; LAREW. Development of model based systems for integrated design of highway bridges. In: **Institute for Research in Construction. International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Roma, Italia**. 2005.
- [14] KIVIMAKI, T.; HEIKKILA, R. Bridge Information Modelling (BrIM) and Model Utilization at Worksites in Finland. In: **27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2010)**. 2010.



- [15] SHIN, H. M.; LEE, H. M.; OH, S. J.; CHEN, J. H. Analysis and design of reinforced concrete bridge column based on BIM. **Procedia Engineering**, v. 14, p. 2160-2163, 2011.
- [16] SHIM, C; YUN, N. R.; SONG, H. H. Application of 3D bridge information modeling to design and construction of bridges. **Procedia Engineering**, v. 14, p. 95-99, 2011.
- [17] INSTITUTO DE PSICOLOGIA – USP. BIBLIOTECA DANTE MOREIRA LEITE. Disponível em: <<http://www.ip.usp.br/portal/images/biblioteca/revisao.pdf>>.
- [18] GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.



APLICAÇÃO DE ECONOMIA COLABORATIVA EM EQUIPAMENTOS DE CONSTRUÇÃO

G. H. Pereira¹; J. V. D. P. Longen²; A. Ryba³

^{1,2,3} UFPR – Centro Politécnico, Curitiba/PR

*guilhermeh.pereira@gmail.com*¹, *longenjv@gmail.com*², *andrea.ryba@ufpr.br*³

Resumo: O presente trabalho é resultado do estudo de caso de uma *startup*, aqui denominada “*Collabore*”, fundada e estruturada no ano de 2017, que idealizou uma prática de mercado que tem potencial de transformar parte da indústria da construção. A inovação do modelo de negócio estudado está relacionada com a utilização da economia compartilhada para intermediar a locação de equipamentos pesados de construção através de uma plataforma *web*. Para a estruturação desse artigo foi realizada uma imersão dentro desta recente empresa, através de uma pesquisa exploratória e descritiva, analisou-se os dados e características específicas do negócio com a finalidade de estudar acerca da aceitação, da eficácia e do potencial desse exemplo de inovação dentro de uma das indústrias mais antigas da humanidade. Dentre os dados obtidos, 42,11% dos entrevistados buscam fornecedores na internet e 88,24% estavam dispostos a experimentar a plataforma colaborativa. Pôde-se concluir então, que a referida ideia se apresenta como uma ótima oportunidade de negócio, capaz de influenciar a economia estadual, num plano imediato, e até a economia nacional, num plano mais ambicioso.

Palavras-chave: Economia colaborativa, Startup, Inovação, Equipamentos pesados de construção, Estudo de caso.

Abstract: The present article is the result of a case study of a startup, here called “Collabore”, founded and structured during 2017, that idealized a Market practice that has the potential to change part of the construction industry. The innovation of this business model is related to the use of sharing economy to intermediate the lease of heavy construction equipment through a web platform. For the structuring of this study, an immersion was carried out within this new company, through an exploratory and descriptive research, data and specific characteristics of the business were observed with the purpose of concluding about the acceptance, effectiveness and potential of this type of innovation within one of the oldest industries of mankind. Among the data obtained, 42.11% of the interviewees looked for suppliers on the Internet and 88.24% were willing to try out the collaborative platform. It was concluded that “Collabore” is an idea that presents itself as a great business opportunity, capable of influencing the local economy very soon, and even the national economy, on a more ambitious approach.

Keywords: Sharing economy, Startup, Innovation, Heavy equipment of construction, Case study.

1 Introdução

A indústria da construção funciona como um verdadeiro “motor econômico”, possuindo uma grande capacidade de impactar a economia de qualquer país através da geração de empregos e riquezas. No Brasil, essa situação é ainda mais acentuada, visto que o setor de construção é líder na geração de empregos e representa aproximadamente 5,6% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial nacional [1]. A relevância desse mercado está relacionada com o fato de que a cadeia de suprimentos é quase integralmente nacionalizada: cerca de 98% dos insumos utilizados na construção são de origem brasileira [2].

Na Figura 1 é possível observar os gráficos que detalham, respectivamente, a participação de cada setor no PIB brasileiro em 2016 (lado esquerdo) e o percentual de cada atividade dentro do setor de indústria (lado direito), conforme estatísticas de [1].

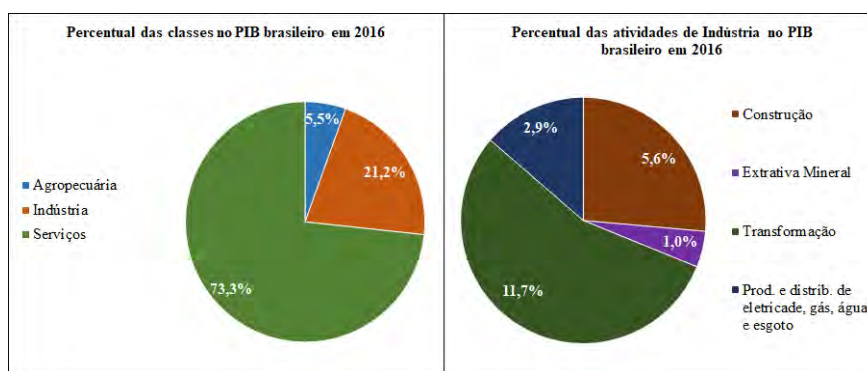


Figura 1 – Participação percentual das classes e respectivas atividades da indústria no PIB brasileiro para o ano de 2016.

Para que a indústria da construção mantenha o seu protagonismo é fundamental que haja uma mudança cultural, deixando de lado suas características rudimentares e sendo mais receptiva a novas tecnologias. Segundo o economista e empreendedor com foco em inovação Arie Halpern, o setor de construção no Brasil está atrasado em relação à indústria dos Estados Unidos e de países da Europa, mercados onde a construção é um dos setores que mais investem em novas tecnologias [3].

Um dos principais nichos, dentro do setor da construção, que carece de inovações é o setor de locação de equipamentos. A locação tem papel fundamental na redução dos custos das construtoras, segundo Graciana Méndez – analista de consumo da consultoria inglesa Mintel – o aluguel é uma das formas encontradas pelo construtor para manter o nível de vida em momentos de crise econômica [4]. Levando em consideração a relevância que esse segmento possui dentro da indústria da construção, a adequação e implementação de inovações são de suma importância para aquelas empresas que buscam se diferenciar e se destacar dentro desse mercado. Um dos motivos é que pode representar uma agregação de valor aos seus serviços.



É nesse cenário de urgência por renovação do setor construtivo que se percebeu a necessidade da criação da *startup* “*Collabore*”, nome fictício dado à empresa para evitar conflitos de interesses, cujo mercado de atuação está inserido na locação de equipamentos pesados. Basicamente, a ideia é utilizar a economia colaborativa no mercado de locação de equipamentos pesados. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a aplicabilidade de uma *startup* que traz em seu modelo de negócio o conceito de economia colaborativa para o aluguel de equipamentos pesados de construção.

1.1 Referencial teórico

Nesse contexto, emerge o conceito de economia colaborativa, que de acordo com [5], são novos tipos de modelos de negócio, que, em sua grande maioria, são suportados por ideias, propostas, produtos e serviços totalmente disruptivos que são viabilizados pela tecnologia e pelo acesso e compartilhamento que a Internet propicia. Tais produtos e serviços são entregues a partir de plataformas e de dispositivos móveis. Seu rápido acesso e sua fácil utilização colaboram para o desenvolvimento e/ou reposicionamento desses modelos de negócios, associados às diferentes formas de relações comerciais, econômicas e sociais, consequentemente, proporcionam um novo tipo de engajamento social e econômico.

Em 1978, utilizou-se pela primeira vez o termo “consumo colaborativo” [6], mas somente na década de 1990, nos Estados Unidos, que o termo foi colocado em prática impulsionado pelos avanços tecnológicos que propiciaram a redução dos custos das transações *on-line peer-to-peer* [7], termo também conhecido por “P2P” que tem sua origem na língua inglesa, significando “ponto-a-ponto” ou “par-a-par”.

Também conhecida como economia compartilhada ou economia em rede, de acordo com [8], ela viabilizou a criação de novos modelos de negócio baseados na troca e no compartilhamento de bens e serviços entre pessoas desconhecidas. O que fez com que o conceito fosse popularizado, permitindo um número cada vez maior de novos modelos de negócio [9]. Além disso, o avanço da tecnologia da informação possibilitou a expansão deste modelo através de plataformas acessíveis ao público. Como exemplo práticos temos o *Airbnb*, que possibilita o compartilhamento de aluguel de quartos, apartamentos e residências.

Assim, o presente trabalho buscou o emprego de economia colaborativa num ramo que necessita de inovações e de novas tecnologias - equipamentos de construção - para manter a sua participação na economia brasileira e a sua contribuição para a o desenvolvimento do país. Esse pretexto foi utilizado como justificativa para a elaboração desse estudo, que abordará um tema principal: a economia colaborativa servindo como uma ferramenta de inovação e de aperfeiçoamento tecnológico. Para a aplicação desse “novo” conceito será utilizada a empresa de nome fictício “*Collabore*”, mencionada anteriormente, como objeto de estudo de caso, com o propósito de gerar uma visão mais clara da

efetividade do modelo de negócio proposto e com a finalidade de avaliar a aceitação, a eficácia e o potencial desse tipo de inovação.

2 Metodologia

2.1 Procedimentos metodológicos

Pesquisas usualmente são classificadas com base em seus objetivos gerais, dividindo-se normalmente em três grandes categorias: as exploratórias, as descritivas e as explicativas [11]. A primeira delas estabelece métodos para a elaboração de uma pesquisa e visa oferecer informações sobre o objeto desta e ainda orienta a formulação de hipóteses [12]. Na pesquisa descritiva, realiza-se o estudo dos fatos do mundo físico sem a interferência do pesquisador [13]. Por fim, segundo [14], a pesquisa explicativa registra fatos, analisa-os, interpreta-os e identifica suas causas com a finalidade de definir modelos teóricos e gerar hipóteses ou ideias através de deduções lógicas.

A metodologia de pesquisa adotada para a realização do presente estudo pode ser enquadrada como uma pesquisa exploratória e descritiva; exploratória pelo fato de serem estabelecidos múltiplos critérios, métodos e técnicas para atingir todos os objetivos propostos e descritiva por envolver a investigação de eventos sem a mediação dos pesquisadores. A primeira etapa foi a elaboração da entrevista, com subsequente aplicação prática durante 4 meses, com foco em empresas do ramo da construção civil, todas elas localizadas na Região Metropolitana de Curitiba, selecionadas através de pesquisa por palavras chave em sites de busca online e catálogos municipais. A análise, elaboração de tabelas e diagramação dos dados foi realizada através do *software* Microsoft Excel.

2.2 Estudo de caso

A “*Collabore*” é considerada uma *startup*; segundo definição de [15] é uma empresa que está em busca de um modelo de negócios viável que seja repetível e escalável, cuja característica é ser capaz de vender o mesmo produto para todos os clientes, dispondo da possibilidade de se desenvolver sem precisar elevar seus custos básicos de operação, ou seja, são modelos de gestão que permitem que as empresas façam mais com menos.

Através do conceito de economia colaborativa, a “*Collabore*” explora o mercado de locação de equipamentos pesados da linha amarela por meio de uma plataforma online, tendo como fornecedores as empresas proprietárias de equipamentos e tendo como principais clientes as construtoras interessadas em alugá-los. As propostas fundamentais da empresa são: de um lado, reduzir ao máximo a ociosidade dos equipamentos, gerando renda aos proprietários e, por outro lado, diminuir o tempo despendido na busca e fechamento de contratos de locação, reunindo uma grande variedade de equipamentos em um só lugar, como exemplificado na Figura 2, facilitando muito o processo de locação.



Figura 2 – Seleção dos equipamentos para locação na Plataforma da “Collabore”.

A receita da “Collabore” é garantida através de uma comissão aplicada em cima do valor de cada transação realizada pelo site, essa comissão depende do tipo de equipamento locado e gira em torno de 8%. Fora do Brasil, existem algumas empresas com modelos de negócios similares que já são referências mundiais para o setor de aluguel de equipamentos pesados, dentre elas podem ser citadas: a canadense *Dozr* e as americanas *EquipmentShare* e *YardClub*.

Das salas de aula da Universidade Federal do Paraná até atingir a abrangência nacional, essa é a visão da jovem empresa que iniciou as atividades em 2017. Hoje, a “Collabore” conta com um time mais estruturado, com cientistas da computação em seu corpo de colaboradores. Contudo, no primeiro semestre de 2017, foi umas das poucas iniciativas do país selecionadas para o programa de aceleração do Instituto TIM, chamado AWC (Academic Working Capital), em que recebe um apoio financeiro para validações e estruturação do negócio.

O setor de aluguel de equipamentos brasileiro ainda não conta com nenhuma iniciativa similar às estrangeiras. Desta forma, a “Collabore” busca ser a primeira iniciativa a aproveitar esse espaço existente no mercado brasileiro, cujo tamanho atual, segundo estimativa da Analoc (Associação Brasileira dos Sindicatos e Associações Representantes dos Locadores de Máquinas, Equipamentos e Ferramentas), é de 4,5 bilhões de reais.

3 Resultados

3.1 Dificuldades iniciais

O Brasil, devido a sua reconhecida burocracia, não facilita o início de novos empreendimentos, a legislação confusa e a grande quantidade de tributos são alguns dos obstáculos que um empreendedor deve enfrentar ao criar seu próprio negócio. Em levantamento realizado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), em 2001, com 1271 empreendimentos, pode-se destacar na Tabela 1, algumas das principais dificuldades enfrentadas pelos empresários brasileiros durante os 3 primeiros anos de operação [16].

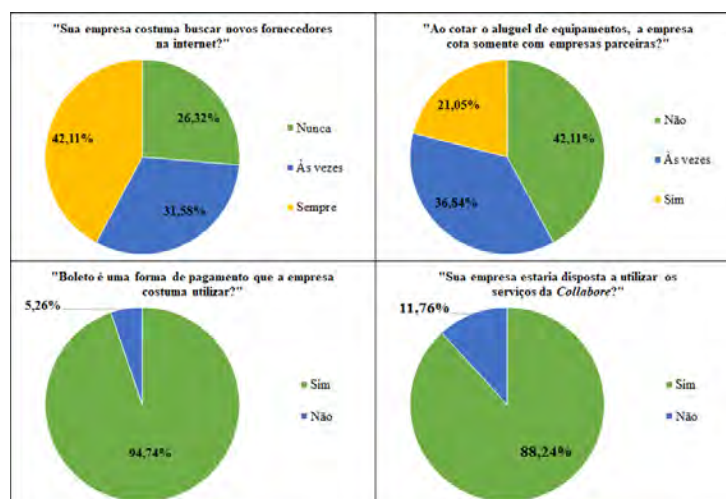
Tabela 1 – Principais dificuldades enfrentadas pelos empreendedores brasileiros ao iniciar um novo negócio.

Problemas	Total (%)
Ter um fluxo de caixa equilibrado	80,7
Conseguir clientes	75,9
Contratar empregados qualificados	73,5
Adquirir máquinas e equipamentos adequados	60,2
Obter informações de mercado	54,8
Conseguir fornecedores adequados	53

Todas as dificuldades apresentadas na Tabela 1 podem ser enxergadas como riscos para o modelo de negócios proposto pela “Collabore”. Ao longo da concepção da empresa, foi observada como uma dificuldade principal a busca por novos clientes e fornecedores; pelo fato de ser algo extremamente novo no país.

3.2 Dados das entrevistas

Ao longo de aproximadamente 4 meses, foram conduzidas 45 entrevistas com empresas do ramo da construção civil, todas elas localizadas na Região Metropolitana de Curitiba, a fim de se conhecer melhor a opinião dos agentes envolvidos nesse modelo de negócio. Desse total, 28 entrevistas foram com empresas consideradas locatárias (clientes) e 17 com locadoras (fornecedores). A partir das respostas recebidas, foi elaborada a Figura 3, com base nas informações mais relevantes para a proposta da “Collabore”.

**Figura 3** – Compilação das respostas mais relevantes coletadas durante as entrevistas.

Fonte: Os autores (2017).



Com a realização da pesquisa, buscou-se, então, apenas um conhecimento da visão de possíveis clientes acerca dessa nova ideia de negócio e sua aceitação em um panorama mais local. Por isso, pode-se deduzir que os dados coletados são extremamente favoráveis ao modelo de negócios que a “*Collabore*” está propondo. Tendo como referência as informações compiladas na Figura 3, pode-se perceber que a vasta maioria das empresas já utilizam o meio digital como forma de buscar fornecedores para a locação de equipamentos. Constata-se também que cerca de 80% das empresas consideram recorrer a novos fornecedores ao realizar uma cotação.

3.3 Benefícios econômicos

Contabilizando o período entre os meses de abril e setembro de 2017, foram realizadas 10 operações mediadas pela “*Collabore*”, incluindo operações com retroescavadeiras, miniescavadeiras, minicarregadeiras, caminhões e guas. Essas intermediações geraram uma receita de aproximadamente 320 mil reais para as construtoras que disponibilizaram seus ativos ociosos. Um outro ponto importante foi que a “*Collabore*” propiciou aos seus clientes, ao longo dessas operações, uma diminuição dos valores dos alugueis dos equipamentos, redução essa que atingiu 15% quando comparado aos preços praticados pelo mercado de locações da Região Metropolitana de Curitiba, o que gerou uma economia aos locatários de aproximadamente 50 mil reais.

4 Conclusões

A aplicação do conceito da economia colaborativa no ramo de locação de equipamentos pesados apresenta-se como sendo uma ferramenta inovadora bastante útil para a construção civil, principalmente em momentos de crise no setor. Essa nova ideia de negócio apresenta-se promissora tanto para proprietários de máquinas quanto para os locatários destas. Para os primeiros, por evitar manter grandes volumes de ativos parados nas empresas, sem gerar rendimentos, e para os locatários, por servir como uma excelente fonte de economia de recursos, conseguindo realizar locações por valores menores do que praticados no mercado. Além disso, impacta nesse mercado em termos de competitividade, já que disponibiliza um serviço já existente, porém a um preço abaixo do que já é praticado.

Diante disso, torna-se evidente o potencial que a “*Collabore*” possui de impactar o mercado de locações de equipamentos, mais especificamente da linha amarela. Em menos de 1 ano de atividade, um total de 20 empresas – dentre clientes e fornecedores – foram influenciadas positivamente pelos serviços da empresa. Considerando que uma *startup* é uma empresa facilmente escalável, é plausível concluir que a “*Collabore*” tem a capacidade, em poucos anos, de influenciar a economia estadual e, num plano mais ambicioso, até a economia nacional.

Referências

- [1] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2016; **Indicadores IBGE**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201604caderno.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017.
- [2] OLIVEIRA, 2012; **Insumos na construção civil brasileira**. Disponível em: <www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=000898381>. Acesso em: 7 jul. 2017.
- [3] EXAME, 2016; **Arie Halpern: a nova construção civil será disruptiva**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/arie-halpern-a-nova-construcao-civil-sera-disruptiva-dino89095510131/>>. Acesso em: 17 out. 2017.
- [4] O GLOBO, 2016; **Na crise, locação ganha adeptos e procura cresce até 90%**. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/na-crise-locacao-ganha-adeptos-procura-cresce-ate-90-19644448>>. Acesso em: 17 out. 2017.
- [5] KOTLER, P.; KARTAJAYA, H.; SETIAWAN, I. **Marketing 3.0**: As forças que estão definindo o novo marketing centrado no ser humano. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- [6] FELSON, M.; SPAETH, J. L. Community structure and collaborative consumption: a routine activity approach. **The American Behavioral Scientist**. 1978.
- [7] SHIRKY, C.L.A.Y. **Lá vem todo mundo: o poder de organizar sem organizações**. Rio de Janeiro: Zahar. 2012.
- [8] SCHOR, J. **Debating the sharing economy**. Great transition initiative. 2014.
- [9] GANSKY, L. **The mesh: why the future of business is sharing**. Nova Iorque: Penguin. 2010.
- [10] BOTSMAN, R.; ROGERS, R. **O que é meu é seu**: como o consumo colaborativo vai mudar o nosso mundo. Porto Alegre: Bookman. 2009.
- [11] VIANNA, I. O. de A. **Metodologia do trabalho científico**: um enfoque didático da produção científica. Editora Pedagógica Universitária (E.P.U.), 2001.
- [12] CERVO, A. L.; SILVA, R. da. **Metodologia científica**. Prentice Hall Brasil: 2006.
- [13] BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. de S. **Fundamentos de metodologia científica**. Makron: 2007.
- [14] LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia científica**. Atlas Editora: 2011.
- [15] BLANK, Steve; DORF, Bob. **The startup owner's manual**. K & S Ranch: 2012.
- [16] SOUL STARTUPS; **As principais dificuldades dos empregadores nos anos iniciais**. Disponível em: <<http://blog.soulstartups.com.br/principais-dificuldades-empregadores-anos-iniciais/>>. Acesso em: 18 out. 2017.



ESTUDO DE LAMINADOS DE MATERIAIS COMPÓSITOS NO TRANSPORTE AÉREO

K. C. Dubiella¹; D. F. Vicentini²

^{1,2} Universidade Federal do Paraná, Av. Coronel Francisco H. dos Santos, 210,
Jd. das Américas, Curitiba/PR, CEP 81530-000
kauanedubiella@ufpr.br¹, vicentini@ufpr.br²

Resumo: Com a crescente demanda do transporte aéreo, esforços têm sido feitos em busca de tecnologias que aumentem a viabilidade e uso deste modal. Nesse sentido, a indústria da aviação tem investido em estruturas laminadas de materiais compósitos em aeronaves, em vista de que esse tipo de material apresenta elevada rigidez e resistência mecânica frente a esforços que submetem a estrutura à compressão e à tração, aliados ao seu baixo peso específico, se comparado com os tradicionais materiais metálicos. Esse comportamento é decorrente da união entre as fibras e a matriz, onde a matriz é a responsável pela proteção da fibra, garantindo boa resistência à corrosão, à fadiga e maior tenacidade, além de apresentar uma fase contínua responsável por distribuir uniformemente a carga aplicada na estrutura. No presente trabalho, foram estudadas diversas configurações de laminados de fibra de carbono, sujeitos às solicitações normais de tração e compressão, a fim de que se pudesse obter o melhor resultado no dimensionamento de estruturas laminadas. Para a análise, foi implementado um algoritmo em linguagem Fortran, utilizando análise matricial no âmbito da Teoria de Laminados e considerando diversos critérios de falha. Após verificações com o modelo, o algoritmo implementado foi aplicado a uma estrutura aeronáutica real. Ao fim, conclui-se que as orientações que solicitam as fibras longitudinalmente apresentarão o melhor comportamento quando o laminado é submetido a esforços de tração, segundo a maioria dos critérios analisados.

Palavras-chave: Compósitos, Laminados, Transporte aéreo.

Abstract: With the growing demand of aerial transportation, several efforts have been carried out in searching technologies which increase the viability and use of this modal. Following this research line, the aeronautical industry has been investing in the study of laminated structures of composite materials for aircrafts. The material offers high stiffness, and mechanical resistance when subjected to normal loads, with the lower properties in its specific weight, when compared with the traditional metallic materials. This behavior results of the union between fibers and matrix. The matrix is responsible for protection of the fiber, ensuring good corrosion and fatigue resistance. In this work, several configurations of carbon fiber laminated subjected to tensile and compression stresses were studied. An algorithm using laminate theory and matrix analysis was implemented in Fortran. The algorithm considered several failure criteria. After some verification with the implemented model, it was applied to a real aeronautical structure. From this work, it can be concluded that the orientations which present the best behavior in failure are the configurations in which the fibers are subjected to tensile stresses.

Keywords: Composites, Laminated, Air transport.

1 Introdução

O meio de transporte é um fator impactante nas atividades econômicas e na logística das operações, visto que afeta a viabilidade do escoamento de cargas para determinadas regiões e disponibilidade de serviços, ou tempo médio de entrega e viagens [1]. Basicamente, a escolha do modal a ser utilizado impacta diretamente nos custos e conseqüentemente na competitividade desse produto ou serviço. Dentre os modais, o transporte aéreo pode se caracterizar como um modal com custo superior, com a necessidade de um alto investimento inicial, de modo que a oferta do mesmo se localizará em regiões estratégicas, que sejam lucrativas e que possuam demanda adequada. Esse modal possibilita ainda transportes intercontinentais de modo rápido, o que o torna bastante atrativo. Segundo [2], “desde 2010 o avião tem sido o principal meio de transporte utilizado pelos passageiros nas viagens interestaduais, quando considerados os serviços de transporte regular dos modais aéreo e rodoviário”. Essa demanda elevada incentiva o desenvolvimento de novas tecnologias, como, por exemplo, o uso de materiais compósitos laminados, já que esse material permite o projeto de estruturas leves com alta capacidade de carga, como por exemplo, a criação da nova série de aeronaves da Airbus [3], possibilitando a redução do custo desse serviço.

Os compósitos são formados pela união de dois materiais que constituirão um material com propriedades não alcançadas pelos mesmos separadamente. A utilização dos materiais compostos modernos teve amplo emprego na área aeronáutica a partir de 1960 [4], conferindo às estruturas uma redução no peso dos componentes estruturais e resistência comparável ou até mesmo superior a alguns metais utilizados na aviação [5]. A leveza das estruturas aeronáuticas também acarreta em uma menor geração de poluentes pelo fato de demandar uma menor quantidade de combustíveis e permitir o transporte de maior quantidade de passageiros e/ou carga por viagem, trazendo assim mais eficiência ao modal.

Basicamente, o trabalho em questão visa estudar determinadas configurações geométricas de estruturas de laminados a fim de que se garanta um comportamento ótimo da estrutura. Pretende-se, então, através da aplicação de um algoritmo, analisar quais são as geometrias que apresentam o melhor comportamento, sob um mesmo nível de sollicitação. A análise está baseada nas respostas de aviso de falha segundo os principais critérios de resistência conhecidos na literatura sobre materiais compósitos, fundamentada na Teoria de Laminados.

1.1 Materiais compósitos

Os materiais compostos possuem um sistema de eixos de ortotropia, como pode ser observado na Fig. 1, sendo a direção 1 paralela às fibras, 2 a direção perpendicular às fibras e 3 a direção perpendicular às direções 1 e 2 simultaneamente. Os índices das constantes elásticas são denominados a partir desse sistema de eixos [6]. Para a análise de um laminado, primeiramente um eixo de referência (x, y, z) é definido, a fim de referenciar o posicionamento das lâminas. Basicamente, ao analisar o

laminado, a matriz constitutiva do material deve ser calculada segundo os eixos de ortotropia e de referência, os termos de acoplamento, coeficientes de temperatura no eixo de referência, deformações, tensões e constantes elásticas. Após, os critérios de ruptura ou métodos de degradação podem ser aplicados.

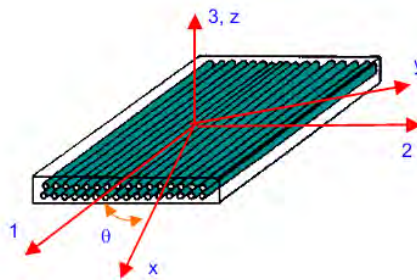


Figura 1 – Sistema de eixos de ortotropia e de referência.

Fonte: [4].

1.2 Critérios de ruptura

A resistência do laminado é determinada pelo comportamento das lâminas em conjunto, ou seja, resistência e rigidez das lâminas que o compõe, coeficiente de dilatação, orientação, espessura, sequência de empilhamento e temperatura de cura. A direção de aplicação da carga também estabelece quais serão as lâminas que irão resistir, de modo que quando uma lâmina falha em serviço, outras lâminas poderão resistir, fazendo com que a estrutura não se rompa completamente. Os mecanismos de ruptura do material composto podem ter diferentes motivos: ruptura das fibras, ruptura da matriz, separação da fibra/matriz, separação das lâminas, entre outros [4]. A seguir são apresentados brevemente alguns dos principais critérios de ruptura. Todos os critérios garantem que a lâmina, ao ser submetida a tal estado de tensão não se romperá [4]. Um dos critérios mais conhecidos é o da Máxima tensão, definido de acordo com as seguintes relações:

$$X_c < \sigma_1 < X_t, \quad Y_c < \sigma_2 < Y_t \quad \text{e} \quad -S < \tau_{12} < S \quad (1)$$

onde X_t e X_c são as resistências longitudinais à tração e à compressão, Y_t e Y_c representam as resistências transversais à tração e à compressão e S é a resistência ao cisalhamento. O critério da Máxima Deformação estabelece que:

$$\varepsilon_1 < X_{et} \quad \text{ou} \quad |\varepsilon_1| < X_{ec}, \quad \varepsilon_2 < Y_{et} \quad \text{ou} \quad |\varepsilon_2| < Y_{ec} \quad \text{e} \quad \gamma_{12} < S_\varepsilon \quad (2)$$

em que X_c e X_t representam as deformações máximas na direção longitudinal em compressão e tração; Y_c e Y_t representam deformações máximas na direção transversal em compressão e tração e S se refere à deformação máxima em cisalhamento. O critério de Hill é obtido ao igualar a energia de distorção de cisalhamento com a energia no ponto de ruptura [4], representado pela Eq. (3):

$$\left(\frac{\sigma_1}{X}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{Y}\right)^2 - \left(\frac{1}{X^2} + \frac{1}{Y^2} - \frac{1}{Z^2}\right)\sigma_1\sigma_2 + \left(\frac{\tau_{12}}{S_{12}}\right)^2 = 1 \quad (3)$$

O critério de Tsai-Hill, apenas iguala os eixos y e z, simplificando a expressão do critério de Hill [4], definindo assim a seguinte condição:

$$\left(\frac{\sigma_1}{X}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{Y}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_1\sigma_2}{X^2}\right) + \left(\frac{\tau_{12}}{S_{12}}\right)^2 = 1 \quad (4)$$

O critério de Hofman admite que a ruptura acontece quando a seguinte igualdade é verificada [6]:

$$\frac{\sigma_1^2}{X_t X_c} + \frac{\sigma_2^2}{Y_t Y_c} - \frac{\sigma_1\sigma_2}{X_t X_c} + \frac{X_c - X_t}{X_t X_c}\sigma_1 + \frac{Y_c - Y_t}{Y_t Y_c}\sigma_2 + \left(\frac{\tau_{12}}{S_{12}}\right)^2 = 1 \quad (5)$$

Para Hashin e Rotem, a ocorrência da falha de um compósito depende dos mecanismos de falha do mesmo [6]. Os critérios de Hashin-Rotem [6] consideram um estado biaxial de tensões, onde é possível perceber que as sentenças são diferenciadas para cada modo de falha. O critério foi formulado em termos de equações, expressas na Tabela 1.

Tabela 1 – Critérios de Hashin-Rotem.

Modo de falha	Hashin-Rotem (73)
Falha da fibra em tração (FFT)	$\sigma_{11} = X_t \mid \sigma_{11}, X_t > 0$
Falha da fibra em compressão (FFC)	$ \sigma_{11} = X_c \mid \sigma_{11} < 0 \text{ e } X_c > 0$
Falha da matriz em tração (FMT)	$\left(\frac{\sigma_{12}}{S}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{22}}{Y_t}\right)^2 = 1 \mid \sigma_{22} > 0$
Falha da matriz em compressão (FMC)	$\left(\frac{\sigma_{12}}{S}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{22}}{Y_c}\right)^2 = 1 \mid \sigma_{22} < 0$

Fonte: [6].



2 Metodologia

Para a análise de ruptura de laminados, no presente trabalho foi desenvolvido um algoritmo em ambiente *Microsoft Visual Studio*, cuja compilação foi possível graças à sua integração com o *Intel Fortran Compiler*. Ao término da programação, foi gerado um aplicativo que permite fazer a utilização do algoritmo sem a necessidade de um ambiente de programação e compilador instalados. Ao executá-lo, é necessária a existência de um arquivo de entrada que deve ser fornecido pelo usuário seguindo recomendações encontradas no manual de utilização do algoritmo. A partir da leitura dos dados contidos no arquivo de entrada, todos os cálculos necessários são efetuados, gerando, ao final do processo, os arquivos com os resultados, segundo todos os critérios implementados (Máxima Tensão, Máxima Deformação, Hill, Hashin-Rotem, Tsai-Hill, Hofman). O algoritmo está baseado nos estudos referentes à Teoria de Laminados e análise matricial, e foi calibrado, inicialmente, com exemplos obtidos na literatura [6].

Após serem verificadas as respostas segundo as opções propostas, foi feita a análise frente aos critérios aplicados para laminados nas seguintes configurações: $[0^\circ]_4$, $[0^\circ]_8$, $[0^\circ/90^\circ]_3$, $[0^\circ/90^\circ]_2$, $[+15^\circ/-15^\circ]_3$, $[+30^\circ/-30^\circ]_3$, $[+45^\circ/-45^\circ]_3$, $[+60^\circ/-60^\circ]_3$. O uso de diferentes configurações é justificado, uma vez que estruturas laminadas podem apresentar diferentes comportamentos quando solicitados, dependendo da configuração. Assim que a primeira falha em uma lâmina é identificada sob algum critério, a análise avança para uma segunda etapa que consiste em aplicar métodos de degradação nas lâminas. Em seguida todas as propriedades mecânicas são recalculadas considerando as alterações referentes ao passo anterior, e assim, novamente os critérios de ruptura são aplicados. Quando o algoritmo aplica os critérios de ruptura para avaliar se haverá falha na segunda lâmina, apenas são verificados os critérios que acusaram falha na primeira lâmina.

3 Resultados

Inicialmente, a estrutura escolhida para análise consistiu em uma estrutura real, ensaiada em laboratório, com as características descritas na Tabela 2 [7]. No algoritmo, foi considerada a aplicação de uma carga de 1000KN na direção x (conforme sistema de eixos definidos na Fig. 1), em tração. Os resultados obtidos com o algoritmo implementado são apresentados na Tabela 3 e nos gráficos gerados (a) a (d), para alguns dos principais critérios, em função da orientação das lâminas com relação à direção de solicitação (onde tração e compressão são representadas em módulo).

Tabela 2 – Propriedades Mecânicas do Laminado analisado.

Propriedades Mecânicas do Laminado			
Lâmina		Laminado	
Módulos de Elasticidade		Resistências admissíveis (MPa)	
E_1 (MPa)	141300	X_t	1800
E_2 (MPa)	9850	X_c	1300
E_3 (MPa)	9850	Y_t	69,07029743
Módulo de Cisalhamento		Y_c	49,8841037
G_{12} (MPa)	5000	S	109.28571
Coefficiente de Poisson			
ν_{12}	0.3		
ν_{21}	0.020913		

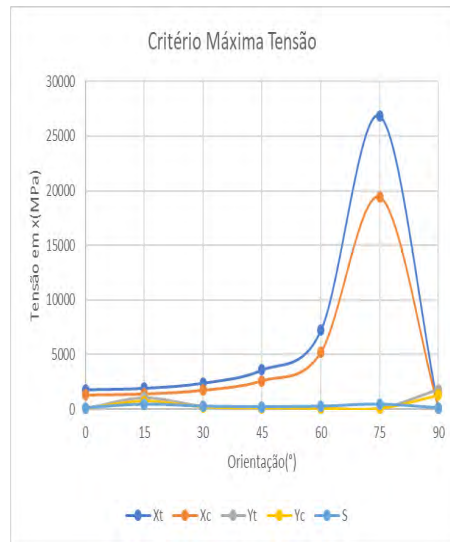
Fonte: [7].

Nos casos dos critérios de Máxima Tensão, Máxima Deformação e Hashin-Rotem (FFT/FFC), as equações consideram apenas as componentes referentes à tensão observadas nas direções x e y do eixo de referência separadamente. Compreende-se que tal fato é uma desvantagem do critério, visto que o material não se deforma de modo isotrópico e que, ante a sollicitação normal em x ocorrem deformações em outras direções. Desse modo, os mesmos podem ser considerados simplistas, pois analisam as respostas em cada direção separadamente e não consideram o acoplamento entre esforços. Outro fato a destacar é que os critérios de Máxima Tensão e Máxima Deformação não retornam o mesmo resultado. Isso ocorre devido ao fato de que, no caso da limitação da deformação, é feita uma conversão (segundo a Lei de Hooke Generalizada) utilizando o coeficiente de Poisson associando os dados obtidos a partir do ensaio de tração, que fornece um valor de resistência mecânica admissível em determinada direção, obtida a partir da carga aplicada e dos deslocamentos medidos.

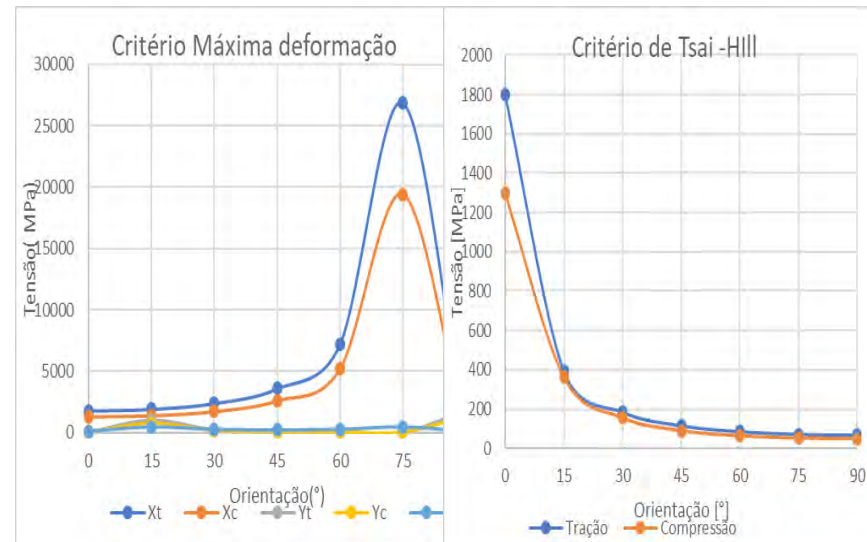


Tabela 3 – Resultados com aplicação de carga $N= 1000\text{KN}$ em tração em x. Gráficos (a) a (d) mostram as tensões que provocaram a falha (tração, e compressão em módulo) para alguns critérios, e diversas orientações de laminados.

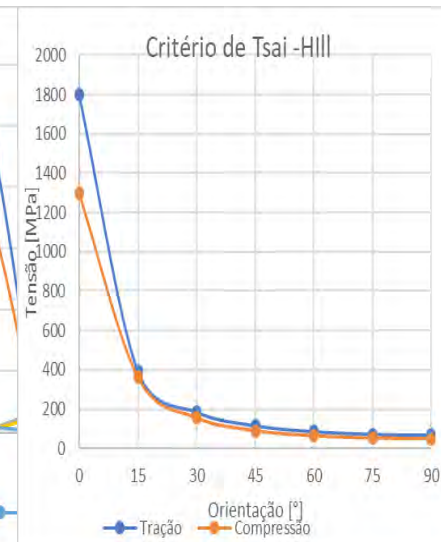
Geometria Critérios	$[0^\circ]_4$	$[0^\circ]_8$	$[0^\circ/90^\circ]_s$	$[0^\circ/90^\circ]_2$	$[+15^\circ/-15^\circ]_s$	$[+30^\circ/-30^\circ]_s$	$[+45^\circ/-45^\circ]_s$	$[+60^\circ/-60^\circ]_s$
Hill	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha
Hashin-Rotem(matriz)	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha
Hashin-Rotem(fibra)	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Falha	Não Falha
Tsai-Hill	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Falha	Falha
Hofman	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Falha	Falha
Máxima Tensão	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Não Falha	Falha	Falha
Máxima Deformação	Falha	Falha	Falha	Falha	Falha	Falha	Falha	Falha



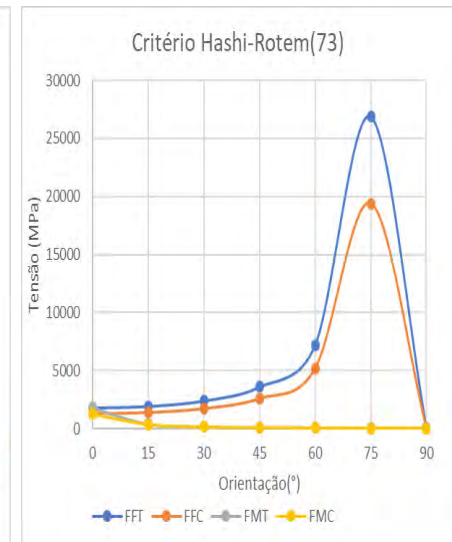
(a)



(b)



(c)



(d)

Entretanto, o critério de Máxima Tensão acusa falha apenas nas direções nas geometrias $[+45^\circ/-45^\circ]_s$, $[+60^\circ/-60^\circ]_s$. Essa resposta é compreensível, visto que as fibras são as responsáveis pela resistência mecânica da lâmina e assim, ao impor a existência de uma inclinação destas com a direção do carregamento, as fibras passam a ser solicitadas em direções não principais, ou seja, com valores de resistência inferiores, favorecendo a falha da estrutura. Esse fenômeno é acentuado quanto maior é a inclinação apresentada (configurações $[+45^\circ/-45^\circ]_s$, $[+60^\circ/-60^\circ]_s$). Isso é reafirmado nos gráficos a) e b) da Tabela 3, onde observa-se que o laminado possui uma boa resposta nas orientações próximas à de 0° . Vale destacar que, apesar de os gráficos apresentarem um valor de tensão extremamente elevado a 75° para os valores referentes de resistência na direção X em tração e compressão, o critério considera que a tensão deve ser o menor valor entre todos os apresentados, assim essa descontinuidade pode ser ignorada. O mesmo fenômeno ocorre para o critério de Máxima Deformação e Hashin-Rotem.

Como indicado na Tabela 3, o critério de Máxima Deformação acusa falha em todas as geometrias, sendo o mais conservador dentre os estudados. Ainda de acordo com os resultados (Tabela 3), é possível observar que as configurações de laminados unidirecionais ($[0^\circ]_4$ e $[0^\circ]_8$), cruzados ($[0^\circ/90^\circ]_s$ e $[0^\circ/90^\circ]_2$), bem como as configurações simétricas $[+15^\circ/-15^\circ]_s$ e $[+30^\circ/-30^\circ]_s$ não falharam após a aplicação da carga de 1000KN, exceto pelo critério da Máxima Deformação, que indicou a falha prematura para todas as configurações avaliadas. Os resultados para os critérios de Hill e Hashin-Rotem mostraram ser os menos conservadores dentre os analisados, indicando a falha na fibra somente para a configuração $[+45^\circ/-45^\circ]_s$. De modo geral, dentre as configurações avaliadas, as simétricas $[+45^\circ/-45^\circ]_s$ e $[+60^\circ/-60^\circ]_s$ foram as menos resistentes, devido ao fato de que as fibras são as responsáveis por fornecerem ao laminado a propriedade mecânica de resistir à tração, e nessas geometrias as mesmas são solicitadas em direções “não longitudinais” às fibras, que possuem menor capacidade de resistir à tração.

O critério de Hill considera em uma única equação as deformações causadas em outras direções devido a um carregamento na direção x. Em suma, esse critério iguala a energia de distorção de cisalhamento com a energia no ponto de ruptura [4]. Ao observar a Tabela 3, esse critério não indicou a falha de nenhuma lâmina. Já o critério de Tsai-Hill, considera as energias de deformação associadas à direção 3 (equivalente à direção z) [6]. Os dois critérios, de Tsai-Hill e Hill, consideram a existência de interação entre tensões tangenciais e normais, além de diferenciarem o comportamento à tração e à compressão. Observando a Tabela 3, o critério de Hill não acusou falha em nenhuma das geometrias. No gráfico referente ao critério de Tsai-Hill (Tabela 3, gráfico c)), observa-se que a melhor configuração é a de 0° , que favorece que as fibras sejam solicitadas apenas na direção longitudinal. Outro ponto a destacar é o fato de que o valor de resistência mecânica à compressão (em módulo) é inferior ao valor da tração, visto que a compressão é um esforço desestabilizador.

O critério de Hofman considera as diferenças entre comportamentos de tração e compressão, sendo baseado no critério de Hill, anteriormente comentado [2]. Para este critério, o algoritmo indicou falha apenas para as configurações simétricas $[+45^\circ/-45^\circ]_s$, $[+60^\circ/-60^\circ]_s$, visto que nessas



condições as lâminas são solicitadas em direções com resistências mecânicas inferiores. Os critérios de Hashin-Rotem preveem a ocorrência da falha baseando seus parâmetros nos modos de falha do compósito [5] (daí a diferenciação entre a falha na fibra FFT/FFC e na matriz FMT/FMC, em tração e compressão respectivamente). Assim, segundo este critério, o algoritmo mostrou que o mecanismo de falha ocorre antes nas fibras do que na matriz, para o laminado $[+45^\circ/-45^\circ]_s$.

Em 2006, [6] apresentaram uma interessante crítica quanto à simplicidade destes critérios, salientando a necessidade de um que considere conceitos energéticos. No presente trabalho, algumas dificuldades quanto à simplicidade em cada critério na análise da falha também são relatadas. Basicamente, as aplicações dos critérios nas diferentes orientações utilizam a matriz de transformação para associar os valores referentes às direções principais da lâmina com as direções do eixo do laminado. Os gráficos apresentados na Tabela 3 levam em consideração as equações dos critérios, fazendo com que o gráfico obtido forneça (em módulo) a máxima tensão suportada na direção x , e todos os valores das tensões são apresentados em módulo.

4 Conclusões

Os materiais compósitos possuem excelente comportamento quando solicitados por esforços normais, possuindo ampla aplicação em projetos da indústria aeronáutica. Para o desenvolvimento de estruturas otimizadas, no entanto, é preciso a realização de estudos em busca de configurações que permitam a maior capacidade de carga. Em vista disso, neste trabalho foram apresentados alguns dos principais critérios de falha para a análise de laminados de CFRP em diferentes configurações.

Destaca-se o fato de que os critérios de ruptura não evidenciam todos os modos de falha que possam vir a ocorrer, em vista dos parâmetros que são obtidos com os ensaios realizados (ensaio de tração e compressão). Desse modo verifica-se a necessidade da aplicação e análise do critério mais adequado ao comportamento do laminado. Assim, destacam-se os seguintes fatos:

- Os critérios de Tsai-Hill e Hill são melhores aplicados em situações onde é preciso considerar as relações entre o comportamento obtido experimentalmente e o comportamento teórico;
- Os critérios de Hashin e Hashin-Rotem valorizam a análise dos diferentes modos de falha (fibra ou matriz);
- Os critérios de Máxima Tensão e Máxima Deformação tendem a acusar a falha da lâmina antecipadamente em relação aos outros critérios sendo, sendo mais conservadores e simplistas.

No presente trabalho, o critério de Máxima Deformação em particular, foi o que apresentou a menor capacidade de carga, apesar de visualmente ser muito próximo ao resultado obtido com o critério de Máxima Tensão. O critério de Puck não foi considerado devido ao desconhecimento de alguns parâmetros, – em particular, o fator de magnificação – necessário no cálculo segundo o critério. Porém, os demais critérios considerados associam as tensões nas três direções, o que torna os mesmos mais confiáveis com relação ao comportamento real da estrutura. Em todos os critérios, as configurações com melhores resultados são as que possuem maior sollicitação na direção longitudinal da fibra, ou seja, as que possuem orientação com valores igual a 0° ou próximos de 0° , em vista de que essa direção é a que possui maior resistência admissível do material.

Referências

- [1] BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2001.
- [2] ANUÁRIO DO TRANSPORTE AÉREO 2016 [da] ANAC, Brasília, 2017, Anual. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>>. Acesso em: 20 out. 2017.
- [3] BARROS, Alexandre G. de; WIRASINGHE, S.c. Designing the airport airside for the new large aircraft. *Journal Of Air Transport Management*. **Calgary**, p. 121-127. 01 jan. 2012. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/journal-of-air-transport-management>>. Acesso em: 20 out. 2017.
- [4] PEREIRA, J. C. **Curso de Projeto Estrutural com materiais Compostos**. Florianópolis: UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica, 2005.127 p. Disponível em: <<http://www.grante.ufsc.br/download/MatCompostos/MAT-COMPOSTOS-Apostila-J.Carlos.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.
- [5] REZENDE, M. C.; BOTELHO, E. C. O uso de compósitos estruturais na indústria aeroespacial. **Polímeros**, São Carlos, v. 10, n. 2, p. e4-e10, junho 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&cpid=S010414282000000200003&lng=en&nr m=isso>. Acesso em: 1 mar. 2017.
- [6] CARBALLO, F. P.; DELGADO, J. C.; VALLEJO, J. C. M. **Introduccion al analisis y diseño con materiales compuestos**. Sevilla: Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, 2006. 197 p.
- [7] VICENTINI, Danyane Franciesca. **Study of the stress state and failure stress state and failure in adhesive joints in adhesive joints with composite materials**. 2014. 336 f. Tese (Doutorado) – Mechanical Engineering, Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, University Of Seville, Seville, Spain, 2012. Chapter 2.



ANÁLISE DINÂMICA DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: EFEITO DA VELOCIDADE E PRESSÃO DOS PNEUS NAS TENSÕES E DEFLEXÕES

N. Figur¹; F. D. Vicentini²

^{1,2} Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. do Santos, 210
Jd. das Américas, Curitiba/PR, CEP 81530-000

Resumo: Tendo em vista a importância dos pavimentos asfálticos no país, é necessária a realização de estudos que abordem, com maior precisão, os esforços a que os mesmos estão submetidos. Neste trabalho foram examinados o comportamento mecânico em termos de tensões e deflexões das fibras superiores, bem como ao longo da profundidade das demais camadas, sujeito à aplicação de esforços dinâmicos. Para esse estudo, foi efetuada uma análise tridimensional utilizando o método dos elementos finitos. Considerou-se uma carga gerada pelo eixo padrão rodoviário, variando-se as velocidades (10, 40 e 80 km/h) e a pressão de enchimento dos pneus (0,74 MPa, 0,82 MPa e 0,92 MPa). Como resultado, foi possível observar a redução das tensões e deflexões na superfície do pavimento com o aumento da velocidade e um aumento nas tensões com o aumento da pressão de enchimento do pneu, o que pode ser explicado pela redução do tempo de exposição e da área de contato pneu-pavimento, respectivamente.

Palavras-chave: Pavimento asfáltico, Elementos finitos, Pressão de inflação, Velocidade, Análise dinâmica.

Abstract: Considering the relevance of asphaltic pavements in Brazil, it is necessary to develop studies with the approach on the efforts under which the pavement is subjected. During this research the mechanical behavior, stress and strains on the top fibers of the asphaltic concrete layers of a flexible pavement, as well as along the depth of the other layers, were evaluated. The study was based on a three-dimensional analysis with finite elements. The standard single axle load was considered under movement, and the speed of 10 km/h, 40 km/h, 80 km/h and tire pressure of 0,74 MPa, 0,82 MPa and 0,92 MPa were considered. The results revealed that the decrease of stresses and deflections on the pavement surface is related with the increasing of the speed. For other hand, an increase on the stresses and deflections was observed with the corresponding increasing of tire pressure. In both cases, the response can be associated with the reduction of the exposure time and contact area between the tire and the pavement, respectively.

Keywords: Asphaltic pavement, Finite elements, Tire pressure, Speed, Dynamics.

1 Introdução

O pavimento como estrutura, conforme [1] consiste em um sistema combinado de camadas, sujeito a cargas originárias da movimentação do tráfego sobre sua superfície. Em um exame mais detalhado das cargas atuantes sobre o mesmo, a análise de tensões e deformações considera que as forças verticais (correspondentes ao peso do veículo) são transmitidas ao pavimento pelas rodas do veículo. Em condições normais de serviço, como verificado por [2], [3] e [4], a camada de revestimento do pavimento está sujeita a uma sucessão de esforços de compressão e tração conforme a passagem da carga.

A intensidade e o comportamento dessas tensões, por sua vez, são influenciados por diversos fatores dentre os quais podem ser mencionados a intensidade e velocidade de aplicação da carga, inflação do pneu, entre outros. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo analisar o comportamento e a intensidade das tensões e deflexões verticais a que os pavimentos estão sujeitos, variando velocidade e inflação do pneu.

1.1 Velocidade de aplicação da carga

Diversos pesquisadores, dentre eles [5] verificaram em seus estudos que quanto menor a velocidade dos veículos, maior o dano ocasionado ao pavimento, podendo o aumento da velocidade resultar no alívio das deflexões devido ao menor tempo de contato pneu-pavimento.

Afirmações idênticas já haviam sido obtidas por [6] e [7] os quais verificaram que o aumento da duração de aplicação da carga intensifica os deslocamentos e a tensão vertical, a qual constitui na principal causa de ocorrência de rupturas em pavimentos asfálticos sujeitos a tráfego pesado e baixas velocidades dos veículos.

1.2 Inflação do pneu

Em 1996, [6] verificaram que ao se reduzir a pressão dos pneus ocorre uma redução significativa nas tensões horizontais na face inferior da camada de concreto asfáltico. O mesmo efeito ocorre na face superior, porém de maneira não tão significativa. Mais tarde, [8] obtiveram conclusões análogas ao avaliar, dentre outros fatores, o efeito da variação da pressão de inflação do pneu sobre o desempenho estrutural de um pavimento flexível. Verificaram que, ao aumentar a pressão de inflação dos pneus, a tensão sobre o pavimento aumenta de maneira proporcional, ou seja, a inflação do pneu está diretamente relacionada à área de contato pneu-pavimento e conseqüentemente tem influência direta nos danos gerados no pavimento.

Por outro lado [9], visando obter o comportamento de pavimentos asfálticos à fadiga, mostraram que a pressão dos pneus teve pouco efeito sobre as tensões e deflexões medidas na superfície do

pavimento, sob vários níveis de carga e pressão do pneu, e que o aumento da pressão de enchimento somente tem influência sobre o aumento dos afundamentos e fissuras para seções do pavimento menos espessas e sujeitas a maiores temperaturas.

2 Metodologia

Em vista disso, a presente pesquisa consiste em uma análise numérica na verificação do comportamento de diversos fatores sobre a intensidade das tensões e deflexões da camada de revestimento de pavimentos asfálticos. Dentre esses fatores, no presente trabalho são avaliadas a velocidade de aplicação da carga e a inflação do pneu.

Para a análise numérica em questão empregou-se o Método dos Elementos Finitos (MEF), utilizando o programa *ANSYS*, em uma análise dinâmica explícita tridimensional no *LS-DYNA*. O pneu foi modelado com o elemento finito retangular do tipo *SHELL163*, um elemento de 4 nós com capacidades de dobra e de membrana, com 12 graus de liberdade em cada nó: translação, acelerações e velocidades nas direções nodais *x*, *y* e *z* e rotações sobre os mesmos eixos, usado apenas em análises dinâmicas explícitas. A estrutura do pavimento foi modelada com o elemento *SOLID164*, elemento finito hexaédrico de oito nós, com os seguintes graus de liberdade: deslocamentos, velocidades e acelerações nodais nas direções *x*, *y* e *z*.

Um modelo simplificado, com aplicação de uma carga pontual sobre o pavimento foi desenvolvido para verificar a convergência dos resultados a partir do refinamento da malha. Para validação do modelo dinâmico, foram utilizados os resultados obtidos a partir do trabalho de [10]. A Fig. 1 apresenta a discretização do domínio e a geometria do modelo.

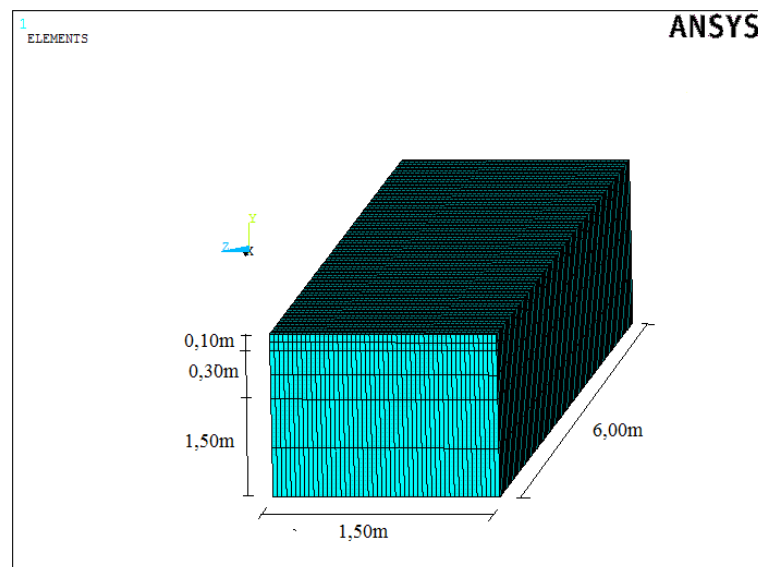


Figura 1 – Geometria e discretização do domínio por meio do MEF.

A seção do pavimento considerada nesta análise é composta por três camadas: revestimento asfáltico, uma base de solo granular sobre um subleito de solo natural compactado. Tais dimensões e tipos de camada foram obtidas do estudo de [11] o qual empregou o método de dimensionamento empírico prescrito pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes para um tráfego de projeto equivalente a $N(8,2t) = 5 \times 10^7$ passadas do Eixo padrão, considerado como tráfego pesado, e um subleito com CBR=10%. As propriedades dos materiais utilizados na análise são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados inseridos no modelo.

Material	E (MPa)	ν	$\rho(\text{kg/m}^3)$	H (mm)
Revestimento	3000	0,3	2300	100
Base	300	0,35	2000	300
Subleito	60	0,4	2000	1500

Onde E é o Módulo de Elasticidade (ou Resiliente), ν o Coeficiente de Poisson, ρ a massa específica dos materiais das camadas de espessura H. Devido à inexistência de dados em termos do Módulo de Elasticidade fornecidos por [11], visto que este varia com a velocidade e intensidade das cargas aplicadas, a primeira simplificação do modelo consiste na adoção do mesmo Módulo de Elasticidade para todas as velocidades analisadas e valor constante ao longo de cada camada do pavimento.

Para este estudo fez-se ainda, uso de soluções teóricas aproximadas, baseada na hipótese de camadas horizontais finitas de materiais elásticos conforme teoria de Burmister (1945) [11], considerando um modelo elástico-linear, homogêneo e isotrópico.

A origem do sistema está localizada no eixo do pneu, o qual é do tipo radial e modelo 9,00 x 20,00 com dimensões 9” (22,4 cm) de largura nominal da seção transversal e 20” (50,8 cm) de diâmetro nominal do aro, baseado nos estudos de [11]. Os elementos que compõem a geometria do pavimento possuem restrições de deslocamento vertical, na face inferior da camada de subleito, e horizontal nas faces transversais e longitudinal ao sentido de deslocamento dos pneus de modo a simular o confinamento do solo na região no entorno do modelo e para não interferir nos resultados da pesquisa.

As condições de contorno aplicadas simulam a situação de um eixo padrão normatizado, ou seja, eixo simples de rodagem dupla, com carga de 8,2 tf (82 KN), de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT [12]. Por simplicidade, foi modelada apenas uma das rodas, representativa do eixo traseiro de um caminhão, conforme a Fig. 2, onde o eixo de simetria do problema coincide com o centro da roda.

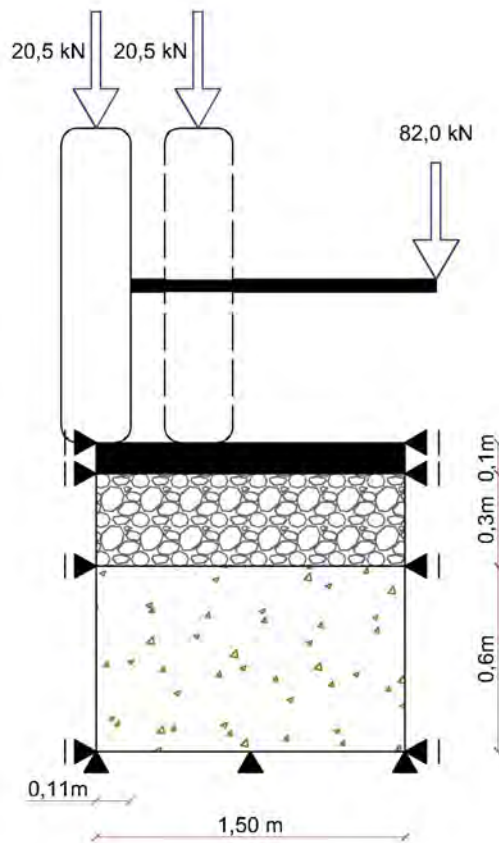


Figura 2 – Representação da geometria e condições de contorno do problema.

O problema foi descrito em duas fases: a primeira considerou a variação das velocidades de 10 km/h, 40 km/h e 80 km/h e pressão de inflação constante e igual a 0,74 MPa. A segunda considerou uma variação das pressões de 0,74 MPa, 0,82 MPa e 0,92 MPa, para uma mesma velocidade (40 km/h). Os efeitos de tensões e deflexão foram avaliados nas fibras superiores da camada de revestimento a partir do eixo de simetria do problema, considerando as direções longitudinal (direção de rodagem) e transversal. As pressões de inflação 0,74 MPa e 0,82 MPa, empregadas na simulação justificam-se pela pesquisa realizada por [11] que identificou sua predominância na rodovia BR 277, trecho Curitiba Paranaguá/PR. Para coeficientes de atrito, um parâmetro constante e igual a 0,6 foi considerado, assumindo uma rodovia nova, na condição de pavimentos asfálticos secos percorridos por caminhões, conforme [13].

3 Resultados

Para efeito de comparação na análise dos valores encontrados, as Fig. 3 e 4 mostram as amplitudes das deflexões longitudinais para as velocidades e pressões consideradas. A análise das tensões e deflexões foi realizada considerando os tempos de $t = 1,0$ s, $t = 0,25$ s e $t = 0,125$ s para as velocidades 10, 40 e 80 km/h, respectivamente.

Observa-se que as deformações ao longo das direções longitudinais são mais acentuadas para velocidades menores, ou seja, quanto maior a velocidade, menor é a deflexão ao longo do pavimento. O contrário ocorre com a pressão do pneu, ou seja, o aumento da pressão implica em um aumento das deformações devido às tensões de compressão no pavimento.

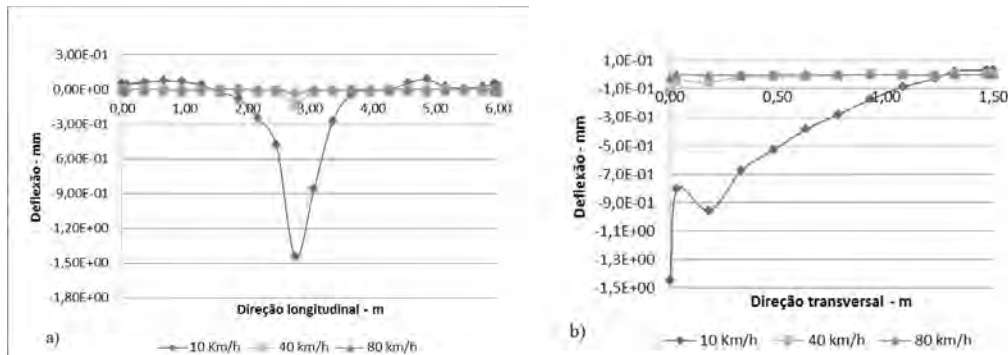


Figura 3 – Deflexões na superfície do revestimento nas direções a) longitudinal e b) transversal para velocidades 10,40 e 80 km/h e pressão de enchimento de 0,74MPa.

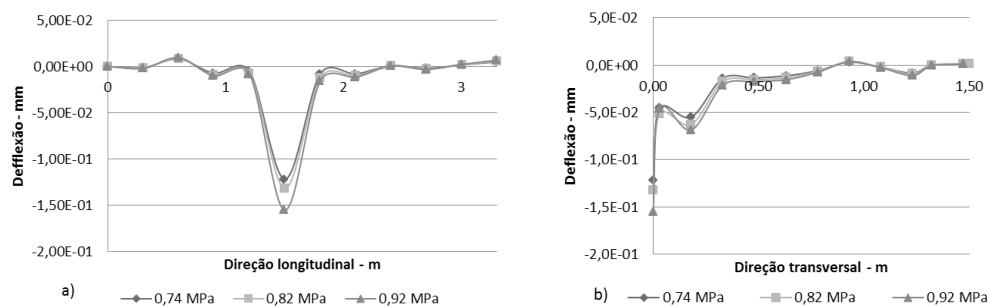


Figura 4 – Deflexões na superfície do revestimento nas direções a) longitudinal e b) transversal para pressões de enchimento de 0,74 MPa,0,82MPa e 0,92MPa e velocidade igual a 40 km/h.

Em termos de tensões verticais na superfície do pavimento, as Fig. 5 e 6 apresentam as amplitudes das tensões de compressão para as mesmas considerações de velocidade e pressão. Observa-se que as tensões ao longo das direções longitudinal e transversal são maiores para velocidades menores e maiores para pressões maiores. Ou seja, quanto maior a velocidade, menor o tempo de contato do pneu com o pavimento, menor a tensão e conseqüentemente menor a deflexão. E ainda, quanto maior a pressão do pneu, menor a área de contato, maiores são as tensões e deflexões.

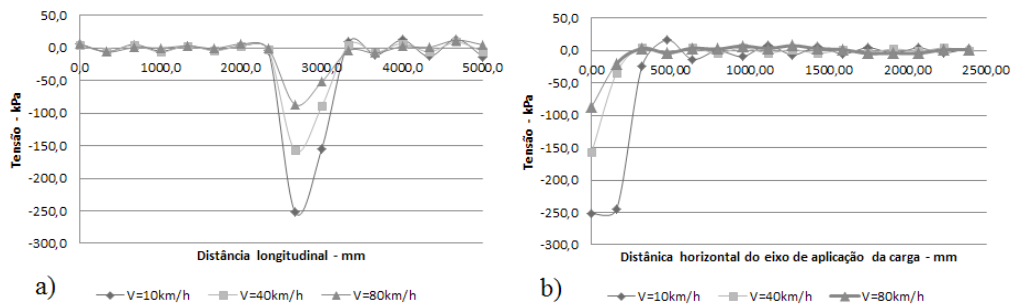


Figura 5 – Tensões verticais na superfície do revestimento nas direções a) longitudinal e b) transversal.

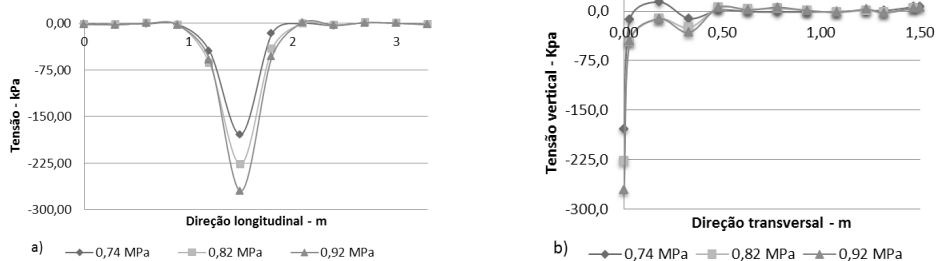


Figura 6 – Tensões verticais na superfície do revestimento nas direções a) longitudinal e b) transversal para pressões de enchimento de 0,74 MPa, 0,82 MPa e 0,92 MPa em 40 km/h.

É possível verificar também, que na direção longitudinal há uma sucessão de esforços de compressão e tração, ou seja, antes e depois do pico de compressão ocorrem pequenos picos de tração, o que não ocorre na direção transversal. A falta de simetria observada na Fig. 5a) indica a direção do movimento (esquerda para a direita).

A Fig. 7 mostra os deslocamentos ao longo das camadas para a situação crítica de velocidade. Percebe-se que as deformações atingem o subleito onde se dissipam. Já a Fig. 8 mostra a amplitude dessas deformações para todas as considerações de velocidade e pressão de inflação do pneu igual a 0,74 MPa.

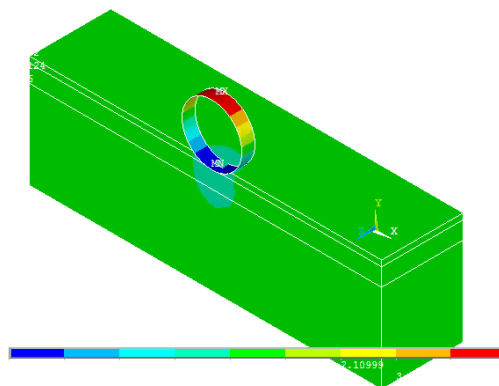


Figura 7 – Deflexões ao longo da estrutura do pavimento para a velocidade crítica de 10 km/h.

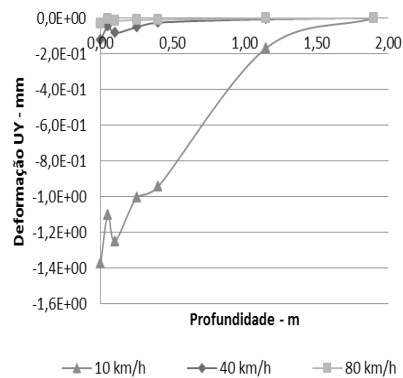


Figura 8 – Amplitude das deformações ao longo das camadas do pavimento para as velocidades 10 km/h, 40 km/h e 80 km/h.

A partir destas análises é evidente perceber que tanto a variação da velocidade como a pressão de inflação dos pneus causam impactos significativos nas tensões resultantes sobre as camadas do pavimento sendo ambas significativas quando da consideração da vida útil dos pavimentos.

4 Conclusões

Foram realizadas simulações computacionais baseadas em um modelo tridimensional elástico-linear para estudar o comportamento das tensões e deflexões na fibra superior e ao longo da estrutura de um pavimento asfáltico sujeito à aplicação de cargas dinâmicas.

Com base neste estudo, foi possível concluir que a velocidade de deslocamento da roda sobre a superfície do pavimento tem um efeito significativo sobre as tensões e deflexões do pavimento asfáltico, sendo benéfica para as velocidades mais altas. No sentido oposto, pressões de inflação menores provocam menores solicitações ao pavimento. Nos estudos considerando os efeitos da velocidade, verificou-se ainda que, para a seção estudada, as tensões ao longo da estrutura do pavimento atingiram o subleito, onde se dissipam.

Apesar da relativa simplicidade do modelo empregado (comportamento elástico linear, isotrópico e homogêneo), o presente trabalho apresentou as análises paramétricas realizadas em modelo dinâmico, válido no âmbito de estudo deste trabalho (mecanicista). No entanto, uma melhor representação do comportamento dos materiais poderá ser obtida, por exemplo, com modelos não-lineares ou com a inclusão da plasticidade ou viscoelasticidade, cujos parâmetros podem ser obtidos a partir de ensaios laboratoriais, em estudos subsequentes.



Referências

- [1] MEDINA J. DE; MOTTA, L. M. G. DA. **Mecânica dos pavimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2015.
- [2] PERRET, J. **Déformations des couches bitumineuses au passage d'une charge de traffic**. [s.l.] ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE, 2003.
- [3] BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3ª Reimpressão. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2010.
- [4] MAHONY, M. J. O. et al. Bearing capacity of forest access roads built on peat soils. **Journal of Terramechanics**, v. 37, p. 127-138, 2000.
- [5] ZHI, S., GUN, W. W., HUI, L. X., BO, T., **Evaluation of fatigue crack behavior in asphalt concrete pavements with different polymer modifiers**. *Construction and Building Materials*, v. 27, n. 1, p. 117-125, 2012.
- [6] CHATTI, K., H. B. KIM, K. K. YUN, J. P. MAHONEY, AND C. L. MONISMITH. **Field Investigation into Effects of Vehicle Speed and Tire Pressure on Asphalt Concrete Pavement Strains**. In **Transportation Research Record** 1539, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1996, p. 66-71.
- [7] JUNIOR, F. E., JUNIOR, E. P., HOLANDA, Á. S. DE., ARAÚJO, T. D. P., SOARES, J. B. **Dynamic analysis of asphaltic pavements**. **Departament of Transportation Engineering and Departament of Structural Engineering**, Federal University of Ceará, Fortaleza – CE – Brazil. 2006.
- [8] MULUNGYE, R. M.; OWENDE, P. M. O.; MELLON, K. **Finite element modelling of flexible pavements on soft soil subgrades**. *Materials and Design*, v. 28, n. 3, p. 739-756, 2007.
- [9] BONAQUIST, R., R. SURDAHL, W. MOGAWER. **Pavement Testing Facility – Effect of Tire Pressure on Flexible Pavement Response and Performance**. Report FHWA-RD-89-123. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Aug. 1989.
- [10] Saad, B., Mitri, H., and Poorooshab, H. 2005. “**Three-dimensional dynamic analysis of flexible conventional pavement foundation**.” *J. Transp. Eng.*, 1316, p. 460-469.
- [11] SANTOS, M. A. A. **Simulação numérica dos efeitos de cargas dinâmicas na vida de fadiga de pavimentos**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- [11] PEREIRA, A. M. **Análise crítica dos fatores de equivalência adotados pelo DNER e sua adequação as rodovias de tráfego pesado**. Tese (Professor titular) – Departamento Transportes, Universidade Federal do Parana, 330p., 1985.
- [12] BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. **Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2016. 274p.
- [13] IRURET, 1996 apud ARAGÃO, R. F. **Acidentes de Trânsito Análise da Prova Pericial**. 6. ed. Campinas, SP: 2016.



MONITORAMENTO DE PAVIMENTOS COM DISPOSITIVOS MÓVEIS

D. R. Bisconsini¹; J. L. Fernandes Júnior²

^{1,2}Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP), Departamento de Engenharia de Transportes, Avenida Trabalhador são-carlense, 400
danielorbisconsini@usp.br¹, leomar@sc.usp.br²

Resumo: Diversas agências de transportes e universidades estão em busca de novas tecnologias para aprimorar a prática de levantamento de defeitos para a alimentação de Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP). Este estudo inclui a revisão, análise crítica e síntese de diversos estudos e desenvolvimentos que buscaram, a partir de diferentes métodos, avaliar a condição de pavimentos por meio de dados fornecidos por dispositivos móveis. O objetivo é apontar os principais métodos utilizados, vantagens e limitações dessas abordagens. Por meio do estudo realizado, conclui-se que os dispositivos móveis, com alguns cuidados e restrições, podem ser utilizados como ferramentas para a avaliação da condição de pavimentos em nível de rede, com potencial de ganho em confiabilidade dentro de alguns anos, em função do desenvolvimento de seus sensores e de seu uso em larga escala.

Palavras-chave: Gerência de pavimentos, Smartphones, Monitoramento de pavimentos.

Abstract: Several transportation agencies and universities are looking for new technologies for collecting data for Pavement Management Systems (PMS). This study includes the review, critical analysis and synthesis of several researches and developments that have sought, from different methods, to evaluate the condition of pavements through data provided by mobile devices. The objective is to indicate the main methods used with the advantages and limitations of these approaches. Through the study, it was concluded that mobile devices, with some cautions and restrictions, can be used as an assessment tool of pavement conditions at network-level, with the potential to gain reliability within some years, due to the development of its sensors and its large-scale use.

Keywords: Pavement management, Smartphones, Pavement monitoring.

1 Introdução

O desenvolvimento de novas tecnologias é fundamental para o auxílio na tomada de decisões administrativas, como o planejamento, programação e orçamento das atividades que envolvem um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), o que inclui: 1) a identificação de projetos candidatos às intervenções; priorização de projetos conforme medidas de desempenho, tráfego, custo dos usuários, entre outros parâmetros locais; 2) indicação de carências das agências de transportes de curto, médio e longo prazo; 3) auxílio em análises de estratégias de intervenção, com a verificação da condição atual e previsão futura da rede, de acordo com os recursos aplicados em cada caso [1].

Informações sobre a condição de pavimentos, coletadas periodicamente, são importantes no controle da evolução dos defeitos e um indicativo sobre as possíveis causas de deterioração de determinadas seções de pavimentos (fatores de tráfego, climáticos, construtivos, etc.). A partir desses dados, busca-se a melhor estratégia sobre os serviços de manutenção e reabilitação de pavimentos, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos públicos.

No levantamento de defeitos em pavimentos, é comum a utilização de sistemas sofisticados para a mensuração simultânea da irregularidade longitudinal e transversal de pavimentos, como os perfilômetros inerciais a laser e os sistemas do tipo scanner, estes últimos também utilizados para a avaliação da condição de outros defeitos. Entretanto, ambos os métodos demandam um alto custo de aquisição e operação.

Também são utilizados equipamentos estáticos de alta exatidão, mas pouco práticos para levantamentos em nível de rede. Outros procedimentos como os Levantamentos Visuais Contínuos (LVC) e levantamentos de defeitos por caminhamento são populares, principalmente, em países em desenvolvimento. No entanto, o primeiro tem como desvantagem a subjetividade inerente ao método e o segundo demanda tempo e uma equipe fixa e treinada para o serviço.

De modo geral, os métodos existentes apresentam um desequilíbrio entre custos, praticidade e exatidão, o que dificulta o levantamento contínuo de dados, importante para a alimentação de Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP). Por esse motivo, compreende-se o esforço de diversos estudos na busca de novas tecnologias para a melhoria das técnicas de monitoramento de pavimentos.

Órgãos públicos e universidades têm pesquisado a viabilidade do uso de sinais fornecidos por dispositivos móveis (*tablets* e *smartphones*) para a avaliação da condição de pavimentos, principalmente devido ao potencial que apresentam: baixo custo, praticidade e alta produtividade. O sistema poderia contribuir com a avaliação da condição de rodovias rurais, mais especificamente da irregularidade longitudinal de pavimentos, e avaliação da condição de pavimentos urbanos, principalmente de buracos.

2 Metodologia

Este estudo parte da revisão e análise crítica, de maneira estruturada e sintética, de diversas pesquisas e desenvolvimentos que buscaram, com base em diferentes métodos, avaliar a condição de pavimentos com dados fornecidos por dispositivos móveis.

3 Resultados

Para o levantamento de defeitos em pavimentos, dispositivos móveis são fixados no corpo de veículos (Fig. 1-a), de modo que um dos eixos do aparelho (Fig. 1-b), esteja posicionado o mais perpendicular possível do eixo longitudinal do veículo. Assim, isolam-se as acelerações laterais (Fig. 1-c) geradas por outros fatores não relacionados com as vibrações verticais do veículo relacionadas com as irregularidades nos pavimentos (manobras em curvas, frenagens, etc.).

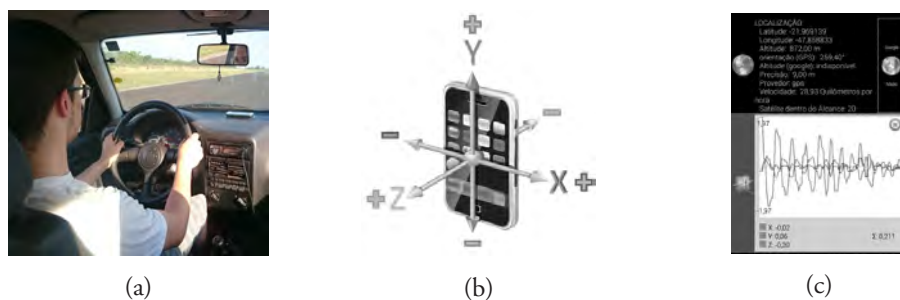


Figura 1 – (a) *Smartphone* fixado no painel de um veículo; (b) sistema de coordenadas de um *smartphone*; (c) detalhe dos sinais de aceleração coletados por um aplicativo chamado *AndroSensor*: adaptada de [2].

Dada a importância do levantamento contínuo de defeitos, principalmente da irregularidade longitudinal de pavimentos, diversas pesquisas têm buscado preencher uma lacuna nos métodos existentes para essa avaliação: desenvolvimento de um sistema com o menor custo e maior praticidade e exatidão possíveis.

Alguns autores avaliaram o uso de acelerômetros e GPS (*Global Positioning System*) externos para a mensuração da irregularidade [4, 5, 6]. Recentemente, com vistas à redução de custos e possibilidade de coleta de dados a partir de processos colaborativos (*crowdsourcing*), passaram a ser utilizados dispositivos móveis para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos, em termos de IRI (*International Roughness Index*). Alguns buscam o cálculo direto do índice a partir dos sinais de aceleração verticais fornecidos por esses aparelhos [4, 7, 8], enquanto outros analisam a correlação entre esse índice e os dados de aceleração [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

No cálculo do IRI, simula-se a passagem de um quarto de carro sobre um perfil de pavimento medido, conforme Fig. 2. O modelo matemático incorpora parâmetros de um veículo padrão, popu-

larizado como *Golden Car*: pneu, mola e amortecedor (suspensão), massa não suspensa e massa suspensa. A simulação é realizada, por questões práticas e técnicas, com a velocidade de 80 km/h [17].

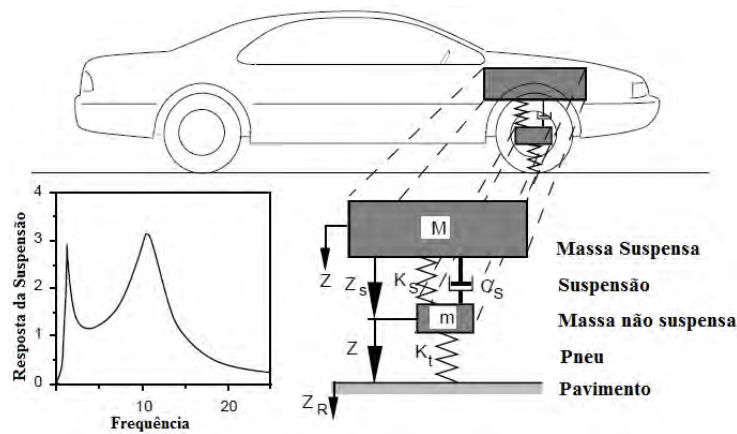


Figura 2 – Representação do modelo quarto de carro e gráfico de resposta da suspensão em diferentes frequências: adaptada de [18].

Para o cálculo direto do IRI a partir de dados fornecidos por dispositivos móveis, é preciso que os sinais de aceleração verticais coletados sejam tratados antes de serem duplamente integrados, em função do tempo, para a obtenção de deslocamentos verticais utilizados no cálculo do índice. O tratamento consiste na utilização de filtros digitais (isto é, sistemas que modificam os sinais do tempo discreto por meio de operações matemáticas) para reduzir a influência de ruídos, caracterizados como sinais aleatórios produzidos pelos acelerômetros, que não estão relacionados com as vibrações do corpo do veículo, interferindo no sinal de saída.

Das pesquisas revisadas, não há detalhes sobre o processamento realizado para o cálculo do IRI a partir de dados de *smartphones* [10, 7, 8]. [8] citam a utilização de uma transformada de Fourier para a prevenção de erros de integração ocasionados por componentes de baixa frequência existentes em sinais fornecidos pelos *smartphones*. [7] comentaram apenas que o detalhamento do cálculo estava fora do escopo do artigo.

No processamento de sinais, é preciso considerar a escolha do filtro. Alguns podem causar atrasos consideráveis durante a filtragem dos sinais, devido à ordem do filtro, ou distorções decorrentes de respostas não lineares características do filtro utilizado. Esse efeito pode ser representado em termos de amostras ou em unidades de tempo [19]. Em geral, utilizam-se filtros passa-alta de janela curta [20].

Independente da técnica utilizada, ressalta-se que os dados fornecidos por dispositivos móveis não podem ser utilizados como as de um perfilômetro, mesmo que sejam obtidos valores de IRI próximos aos de perfilômetros. Isso porque o sistema é essencialmente do tipo resposta, ou seja, os sinais de saída são filtrados pelas características do veículo utilizado. Alguns estudos têm avaliado pavimen-



tos com baixos níveis de irregularidade [7, 8]. Perfis mais irregulares, com menores comprimentos de onda (remendos, pequenos buracos e protuberâncias), podem denotar uma discrepância entre os índices obtidos por esses dois sistemas.

Por outro lado, é possível estimar a irregularidade a partir de correlações com as medidas obtidas por equipamentos de referência. Nesse caso, [2] comenta que, assim como nos medidores do tipo resposta, a maior desvantagem do uso de *smartphones* seria a necessidade de um processo de calibração, já que os resultados variam de acordo com o modelo do veículo e sua velocidade, com o modelo de *smartphone* e aplicativo utilizados. Em sua pesquisa, [2] obteve valores de IRI a partir do método de Nível e Mira, de acordo com os procedimentos de calibração de medidores de irregularidade do tipo resposta da norma do [21]. A norma indica o uso de 20 trechos de calibração (bases) de 320 metros. Nesse caso, o autor estima que a calibração demandaria em torno de um a dois meses para ser finalizada, de acordo com as condições climáticas, disponibilidade de equipamentos e funcionários, dentre outros fatores.

Uma alternativa para o processo de calibração desse sistema seria a utilização dos aparelhos durante o levantamento de irregularidade realizado por outros sistemas, tidos como de referência, como os perfilômetros inerciais. Também é possível a aplicação desse mesmo procedimento quando perfilômetros inerciais passam por testes de verificação. Como explicam [17], tais equipamentos não passam por procedimentos de calibração como os medidores do tipo resposta, mas podem ter seus perfis comparados com outros métodos de referência (medidores estáticos).

Além dos problemas comuns aos medidores do tipo resposta, os dispositivos móveis apresentam algumas falhas que dificultam sua aplicação, principalmente se houver a intenção de utilizar os sinais de aceleração fornecidos para o cálculo do IRI. Uma delas é a limitação da taxa de aquisição de dados dos acelerômetros instalados nesses aparelhos. Uma baixa taxa de aquisição de dados pode causar a atenuação dos sinais de aceleração, tanto no domínio do tempo, quanto no domínio da frequência, sendo que o efeito de *aliasing* ocorrerá no momento em que a taxa de aquisição de dados for menor do que a taxa definida pelo teorema de Nyquist, segundo o qual um sinal analógico, limitado em banda, que foi amostrado, poderá ser reconstruído se a taxa de amostragem for maior ou igual a duas vezes a largura de banda do sinal original.

A atenuação das acelerações resulta na subestimativa do nível de irregularidade dos pavimentos. Na presença do *aliasing*, os sinais de baixa frequência podem apresentar magnitudes maiores que as reais, quando observados no domínio da frequência, assim como baixas magnitudes em altas frequências. Deste modo, abordagens que buscam o cálculo direto do IRI, as quais necessariamente precisam realizar um tratamento dos dados no domínio da frequência, podem alcançar resultados que não correspondem com a realidade, tanto com valores superiores, quanto inferiores ao verdadeiro nível de irregularidade de um pavimento [22].

Segundo [23], diversos fatores podem influenciar na distribuição espectral dos dados relativos às vibrações de um veículo, como sua velocidade, as características de perfil do pavimento, as quais

compreendem a quantidade e o comprimento de onda dos defeitos existentes no revestimento da estrada (remendos desnivelados, deformações permanentes, corrugações e panelas), bem como do próprio tipo de revestimento.

É preciso ter cautela com os resultados de IRI obtidos em recentes pesquisas. No estudo de [8], utilizaram-se três modelos de *smartphones* distintos. As taxas de aquisição de dados foram de 48Hz para dois *smartphones* e 32Hz para o terceiro. Como indicado por [2], que realizou diversos testes de vibração com três modelos de *smartphones* em laboratório e análises espectrais em três perfis de pavimentos, tais taxas são passíveis de erros nos cálculos de deslocamentos verticais e, conseqüentemente, no valor final do IRI. [2], no entanto, pondera que os resultados do cálculo do IRI dependem do método utilizado, do espectro em frequência dos pavimentos avaliados, da resposta dinâmica do veículo e do algoritmo de cálculo dos deslocamentos.

De acordo com [24], pesquisas futuras e projetos-piloto devem considerar métricas alternativas para a serventia de pavimentos. Argumenta que o IRI é o mais popular, por ser o índice internacional padrão. No entanto, comenta que não há nada mágico na relação entre IRI e serventia de pavimentos. Sugere o desenvolvimento de índices mais apropriados para esse sistema em busca de sua aplicabilidade.

[14] propuseram uma métrica de irregularidade baseada na aceleração, normalizada pela velocidade do veículo, a ser utilizada como base para a indicação preliminar de segmentos de pavimentos susceptíveis à degradação. A ideia é que, posteriormente, um perfilômetro possa ser enviado para a medição da irregularidade do pavimento com maior precisão. Nesse caso, haveria uma complementação entre levantamentos de controle (nível de rede) e levantamentos detalhados (nível de projeto).

Outra alternativa foi proposta por [25]. Em continuidade aos estudos realizados desde 2012, no Instituto de Pesquisas de Transportes da Universidade de Michigan (UMTRI – *University of Michigan: Transportation Research Institute*), observaram que os *smartphones* apresentam maior potencial quando utilizados para o prognóstico de categorias de classificação de irregularidade, ao invés de focar em dados exatos de IRI, devido à variabilidade dos sinais fornecidos, conforme os modelos de *smartphones* e veículos utilizados. Contudo, diferente da classificação de [10], que utilizou quatro categorias, sugerem a aplicação de três ou cinco categorias. Considera-se a última abordagem mais apropriada, pois possibilita a definição de uma categoria intermediária.

Alguns pesquisadores têm focado em estudos-piloto de coleta de dados colaborativa [26, 27]. Exemplo prático desse sistema é o *StreetBump*, aplicativo desenvolvido com auxílio público para o mapeamento de buracos e outros defeitos nas ruas de Boston, capital de Massachusetts. Sinais do acelerômetro e GPS fornecidos pelos *smartphones* dos usuários, que utilizam o aplicativo, são enviados a um servidor administrado pelo departamento de obras públicas de Boston.

Em princípio, existem duas abordagens para a coleta de dados colaborativa: 1) dados obtidos por frotas de veículos operados por agências de transportes ou 2) obtidos por veículos privados con-



duzidos pelo público em geral. A razão para a distinção entre os veículos operados por agências e os privados é referente à participação do condutor. No último caso, seria necessária a iniciativa voluntária de condutores para a obtenção dos dados. Uma das vantagens do uso de uma frota de veículos operados por agências é que, se o veículo é capaz de coletar informações confiáveis, isso exigiria somente um cuidado maior por parte do condutor, o que permitiria um controle maior da coleta de dados em relação àqueles obtidos pelo público em geral [24].

A participação de usuários no levantamento de dados pode ser uma proposta promissora, devido ao potencial de coleta de um grande volume de informações. Entretanto, além das dificuldades técnicas do sistema, seria preciso promover formas de incentivo aos usuários no uso de aplicativos desenvolvidos com esse fim, para que houvesse uma cobertura consistente do sistema. Outras dificuldades estariam relacionadas às montagens inadequadas e interação limitada com os condutores.

Outro problema na obtenção de dados em ambientes urbanos é a impossibilidade, salvo em vias específicas, da manutenção da velocidade do veículo, uma vez que os sinais de aceleração variam conforme essa variável, assim como ocorre em medidores do tipo resposta. As vibrações decorrentes de buracos ou outras irregularidades fornecem sinais de aceleração com uma variabilidade considerável, ou seja, a obtenção de padrões para identificação de defeitos não é trivial, pois demanda técnicas de filtragem. Nesse sentido, a aplicação de técnicas de processamento de sinais apresenta limitações para a identificação de defeitos, como trincas, corrugações, exsudação e desgastes, assim como a determinação de grau de severidade dos defeitos ainda é um desafio, dada a variabilidade de diversos fatores, como o modelo do veículo, a pressão dos pneus, massa do veículo e a forma como é manobrado.

4 Conclusões

Apesar da diversidade de pesquisas relacionadas ao monitoramento de pavimentos a partir de dispositivos móveis, com diferentes métodos, ainda é preciso vencer algumas barreiras para que o sistema ofereça confiabilidade para sua implantação, inclusive com a prescrição de normas e procedimentos padronizados. Por outro lado, também é notável a contribuição desses estudos, que já indicam a capacidade do uso dos aparelhos para a identificação de buracos em pavimentos urbanos com relativa acurácia, assim como uma alta correlação com o nível de irregularidade de pavimentos em rodovias rurais.

Ressalta-se que o maior objetivo das pesquisas é a detecção de defeitos em pavimentos em tempo real, com redução de custos, maior praticidade e exatidão possível, o que não é uma tarefa simples. Ainda não há um método que, a partir dos sinais fornecidos por dispositivos móveis, possa individualmente solucionar o problema. Entretanto, apesar das dificuldades, com o avanço da eletrônica nesses dispositivos, que permitiu e instigou pesquisas correlatas, e da aplicação de técnicas de processamento, essa tecnologia apresenta potencial de aplicação nos próximos anos.

É preciso ter claro o objetivo que se busca com tais medidas. Com um controle adequado, os dispositivos móveis já podem ser utilizados como indicativos da condição dos pavimentos em nível de rede, contribuindo para a alimentação de sistemas de gerência de pavimentos. Mesmo com limitações para apontar a diferença entre um buraco, um remendo desnivelado, deformações permanentes ou o nível de irregularidade em um pavimento, ainda assim, estará identificando um defeito que possivelmente deverá passar por algum tipo de manutenção, corretiva ou preventiva.

Referências

- [1] FERNANDES JR., J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos**. Apostila. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, SP. 2011.
- [2] BISCONSINI, D. R. **Avaliação da Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos com Dados Coletados por Smartphones**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2016.
- [3] TOMIYAMA, K.; KAWAMURA, A.; NAKAJIMA, S.; ISHIDA, T.; JOMOTO, M. **A mobile profilometer for road surface monitoring by use of accelerometers**. In 7th Symposium on Pavement Surface Characteristics: SURF 2012, Norfolk. 2012.
- [4] DOUANGPHACHANH, V.; ONEYMA, H. **Estimation of road roughness condition from smartphones under realistic settings**. In Proceedings of the 13th International Conference on ITS Telecommunications (ITST). 5-7. pp. 433-439. 2014.
- [5] DU, Y.; LIU C.; WU D.; JIANG, S. **Measurement of International Roughness Index by Using Z-Axis Accelerometers and GPS**. Mathematical Problems in Engineering. v. I. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China. 2014.
- [6] NITSCHKE, P.; GEEM, C. V.; STUTZ, R.; MOCANU, I.; SJGREN, L. **Monitoring ride quality on roads with existing sensors in passenger cars**. In: Proceedings of the 26th ARRB Conference, Sydney, pp. 1-13. 2014.
- [7] BUTTLAR, W. G.; ISLAM, S. **Measurement of pavement roughness using an Android-based smartphone application**. Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, Washington D.C., U.S.A. 2014.
- [8] HANSON, T.; CAMERON, C.; HILDEBRAND, E. **Evaluation of low-cost consumer-level mobile phone technology for measuring international roughness index (IRI) values**. Canadian Journal of Civil Engineering. pp. 819-827. doi:10.1139/cjce-2014-0183. 2014.
- [9] HANSON, T. R.; CAMERON, C. **Can a smartphone collect IRI data?** Conference and Exhibition of the Transportation Association of Canada – Transportation: Innovations and Opportunities Fredection, NB, Canada. 2012.
- [10] FORSLOF, L. **Roadroid: Continuous road condition monitoring with smart phones**. In IRF 17th World Meeting and Exhibition, Riyadh, Saudi Arabia. 2013.
- [11] ALESSANDRONI, G.; KLOPFENSTEIN L. C.; DELPRIORI S.; DROMEDARI M.; LUCHETTI G.; PAOLINI B. D.; SERAGHITI A.; LATTANZI E.; FRESCHI V.; CARINI A; BOGLIOLI A. **Smartroadsense: Collaborative road surface condition monitoring**. International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, Ubicomm, pp. 210-215. 2014.
- [12] JIMÉNEZ L. A.; MATOUT N. **A low cost solution to assess road's roughness surface condition for Pavement Management**. Revista Global de Negócios (RGN) del Institute for Business and Finance Research. TRB 2014 Annual Meeting. Proceedings of the 93th Annual meeting of the Transportation Research Board of the National Academies, n.3086, Washington, D.C., pp.1-16. 2014.
- [13] ZENG, H.; SMITH B. L.; PARK. H.; PARKANY E. **A Connected Vehicle-Based Application to Estimate Road Roughness**. Poster presented in Connected Vehicle Infrastructure University Transportation Center – CVI UTC. Center for Transportation Studies - University of Virginia. Virginia, USA. 2014.



- [14] ZENG, H.; PARK, H.; FONTAINE, M.D.; SMITH, B.L.; MCGHEE, K.K. **Identifying Deficient Pavement Sections Using an Improved Acceleration-Based Metric**. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. Aceito para publicação. 2015.
- [15] JANANI, L.; SABU, P. **Smartphone Based Pavement Condition Assessment**. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology. v. 3. pp. 281-286. 2016.
- [16] LAUBIS K., SIMKO V., SCHULLER A. **Road Condition Measurement and Assessment: A Crowd Based Sensing Approach**. Proceedings of the Thirty Seventh International Conference on Information Systems. Dublin, Ireland. pp. 11–14. 2016.
- [17] SAYERS, M.W.; GILLESPIE, T. D.; PATERSON, W. D. O. **Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements**. World Bank Technical Paper Number 46, 87 p. 1986.
- [18] SAYERS, M. W.; KARAMIHAS, S. M. **The little book of profiling**. Ann Arbor: Transportation Research Institute, University of Michigan, USA. 1998.
- [19] SLIFKA L. D. **An accelerometer based approach to measuring displacement of a vehicle body**. M.S. thesis, Dept. Elect. Comput. Eng., Michigan Univ., USA. 2004.
- [20] DEL ROSARIO M. B.; REDMOND S. J.; LOVELL N. H. **Tracking the Evolution of Smartphone Sensing for Monitoring Human Movement**. Sensors, vol. 15, no. 8, pp. 18901 – 18933. 2015.
- [21] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **Método do Nível e Mira para Calibração de Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Resposta**. DNER-ES 173/86. Ministério dos Transportes, Espírito Santo. 1986.
- [22] BISCONSINI, D. R.; NUNEZ, J. Y. M.; NICOLETTI, R.; FERNANDES JR, J. L. **Considerações sobre o uso de smartphones para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos**. XXX ANPET, 2016, Rio de Janeiro. XXX ANPET. 2016.
- [23] BISCONSINI, D. R.; NUNEZ, J. Y. M.; SANTOS, J. N. dos; FERNANDES JR., J. L. **Análise Espectral dos Dados Coletados por Smartphones para a Avaliação da Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos**. 45ºRAPv/ 19º ENACOR / 1º Fórum Rodoviário, de Trânsito e de Mobilidade, 2016, Brasília. Anais do 45º RAPv. 2016.
- [24] DENNIS, E. P.; HONG, Q.; WALLACE, R; TANSIL, W.; SMITH M. **Pavement Condition Monitoring with Crowdsourced Connected Vehicle Data**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n. 2460, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D. C., pp. 31-38. doi: 10.3141/2460-04. 2014.
- [25] BELZOWSKI B.; EKSTROM A. **Evaluating Rodway Surface Rating Technologies**. Technical Report. University of Michigan Transportation Research Institute and the Michigan Department of Transportation. 2015.
- [26] BRIDGELALL, R.; RAHMAN, M. T.; TOLLIVER, D. D.; DALEIDEN J. F. **Use of Connected Vehicles to Characterize Ride Quality**. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. 2016.
- [27] GEEM, C. V.; BELLEN, M.; BOGAERTS, B.; BEUSEN, B.; BERLÉMONT, B.; DENYS, T.; MEULENAERE, P. D.; MERTENS, L.; HELLINCKX, P. **Sensors on Vehicles (SENSOVO) Proof-of-concept for Road Surface Distress Detection with Wheel Accelerations and ToF Camera Data Collected by a Fleet of Ordinary Vehicles**. 6º Transport Research Arena 2016, Transportation Research Procedia. 2016.



ESTUDO DE VIABILIDADE DA CARONA COMO UM MODAL DE TRANSPORTE ATRATIVO PARA ESTUDANTES DO *CAMPUS* CURITIBA DA PUCPR

R. L. Witiuk¹; F. B. von der Osten²

¹ *Graduando do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*

² *Professora do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*
rafael.witiuk@pucpr.br¹, fabiana.osten@pucpr.br²

Resumo: A carona solidária é apontada por muitos como uma alternativa eficiente para a redução do número de automóveis nas vias. Sendo a PUCPR um polo gerador de viagens, durante alguns períodos do dia sobrecarrega o trânsito em seu entorno e apresenta insuficiência de vagas de estacionamento devido à quantidade de estudantes que optam pelo transporte individual. Visando minimizar esta situação e otimizar o espaço físico da universidade, analisa-se a viabilidade da implantação e operação sustentável da carona. Foi utilizada pesquisa realizada pela WRI, que apresenta um diagnóstico da universidade como um todo, em que são estruturados os dados obtidos em três eixos principais: econômico, pessoalidade e acessibilidade, e foi realizada pesquisa com os estudantes do curso de Engenharia Civil onde se busca identificar a origem e destino dos deslocamentos a partir do *campus* Curitiba, horários usuais de chegada e partida e interesse em oferecer carona. Os resultados mostram que o incentivo econômico é o principal estímulo para adoção do sistema. Além disso, houve o interesse manifestado pelos condutores de desviar 1,5 km e em esperar até 15 minutos. Conclui-se que, demonstrado interesse da comunidade acadêmica, a universidade deve buscar estratégias que permitam a utilização da carona como um sistema perene.

Palavras-chave: Carona.

Abstract: The carpooling is pointed out as an efficient alternative for the reduction of the number of vehicles on the streets. Since PUCPR is a travel generator, which overload traffic in its surrounding during some periods of the day and shows lack of parking spots due to the amount of students who opt for individual transportation. Aiming to minimize this situation and optimize the physical space of the university, this paper analyzes the viability of the implantation and sustainable operation of a carpooling system. A research made by WRI was used, the one which presents a diagnosis of the university as a whole. The following paper structures the obtained data into three main axes: economic, when it comes to in terms of personal preference and accessibility; a survey with Civil Engineering students was made in order to identify the origin-destination of the routes starting at the campus Curitiba, the usual arrival and departure time schedules and the interest to offer rides. The results showed that the economic incentive is the main stimulus for the adoption of the system. In addition, there was an interest expressed by the drivers to deviate 1.5 km and in waiting up until 15 minutes. With these, it is concluded that having demonstrated the interest of the academic community, the university should seek strategies that allow the use of the ride as a perennial system.

Keywords: Carpooling.

1 Introdução

A partir da década de 1930, políticas públicas voltadas para o desenvolvimento do transporte rodoviário e o abandono dos bondes e das ferrovias transformaram profundamente o modo de vida nas cidades assim como a morfologia dos centros urbanos [1]. Tal processo histórico, que se intensificou na década de 1950 a 1970, culminou na situação atual das grandes cidades brasileiras que enfrentam grandes congestionamentos diários, alto custo dos deslocamentos e níveis de poluição cada vez mais elevados.

É importante perceber que a adoção do modelo rodoviário, baseado no automóvel particular, impactou mais do que apenas a questão do transporte. Transformou também o formato das cidades, o modo de vida das pessoas e criou uma cultura centrada no veículo automotor como sinônimo de liberdade e status [2]. Sendo assim, a utilização do carro como modo de deslocamento vai além de questões econômicas e práticas, dialogando com aspectos culturais e sociais, tornando as mudanças de hábitos de transporte, para modais de transporte ativo ou de massa, ainda mais difíceis.

Dado este cenário, a busca de uma divisão modal com maior participação de modais ativos (pedestre e ciclistas) e de massa (ônibus) depende de grandes esforços do poder público em termos de investimento em infraestrutura e comunicação [1]. Segundo [3] a tradicional morosidade na implementação de políticas públicas voltadas para a criação e adoção de tais medidas, caracteriza-se como um empecilho para a execução de projetos governamentais nesse sentido.

Iniciativas provenientes do setor privado (segundo e terceiro setores) costumam ser vistas como mais ágeis e eficientes. As iniciativas da sociedade civil organizada (terceiro setor), que buscam mitigar o problema, geralmente são propostas sem fins lucrativos, percebidas num primeiro momento como as mais benéficas, mas que trazem como consequência a isenção do Estado em assumir o seu papel de gestor da política de transporte [4]. É consenso entre os estudiosos no assunto que comunidades, ONG's e organizações estudantis que propõem projetos voltados à carona têm colaborado para trazer soluções provisórias eficientes aos problemas de mobilidade urbana e de excesso de veículos.

A prática da carona envolvendo veículos automotores existe desde a metade do século XX através de associações e grupos de trabalhadores de uma mesma empresa e passou a ser incentivada pelo Estado e por grandes corporações a partir dos anos 2000 em decorrência da falta de vagas, custo dos estacionamentos e pela viabilidade de instauração de grupos de carona [5]. Nesse sentido, grandes empresas, autarquias e outros polos geradores de tráfego passaram a incentivar e criar sistemas que viabilizem esse tipo de associação de carona [6, 7].

Os sistemas de carona podem ser distinguidos quanto à natureza de viagens e integração dos destinos, podendo ser centralizado, policêntrico ou rede distribuída, e quanto ao tipo de sistemas a interface que utiliza são os aplicativos, sites e grupos em redes sociais [8, 1].



Organizações como universidades, tendo em vista seu papel de vanguarda e inovação, têm potencial para o desenvolvimento desse tipo de sistema de carona. Portanto, justifica-se o desenvolvimento do presente estudo para avaliar a viabilidade de implementação de carona no *campus* Curitiba da PUCPR. O *campus* Curitiba da Pontifícia Universidade Católica do Paraná possui uma população de 29.884 usuários diários, é responsável pela geração de aproximadamente 60.000 viagens por dia e detém aproximadamente 4.169 vagas de estacionamento, sendo 76.397 m² do seu espaço físico destinado a esse fim [9] aproximadamente 34% da área da universidade.

Entendendo que a carona poderia contribuir para diminuir a área de estacionamento e tendo conhecimento da pesquisa desenvolvida pela WRI Brasil Cidades Sustentáveis contratada pela PUCPR, cujos resultados estão divididos por escola e não abrange as especificidades dos cursos e aqui mais especificamente o de engenharia civil, foi feita uma pesquisa junto ao curso propondo alternativas a essa realidade. Assim, o objetivo último deste trabalho é analisar a viabilidade de implantação e operação sustentável da carona como medida que vai ao encontro da atual valorização do veículo automotor, ao mesmo tempo em que propicia o aumento da sua taxa de ocupação, contribuindo dessa forma para a diminuição do número de veículos nas ruas e possível otimização do espaço físico da PUCPR.

Ademais, o estudo em pauta apresenta possibilidades de políticas institucionais para incentivar o aumento do número de usuários ofertando e utilizando carona tendo como origem ou destino a universidade.

2 Metodologia

No intuito de conhecer os sistemas de carona e os incentivos que podem ser adotados para o uso sustentável desse modal, realizou-se inicialmente o levantamento bibliográfico existente sobre essa temática. Este estudo identificou na literatura os sistemas de carona existentes, [3, 5, 6, 8, 10, 11] bem como os tipos de interfaces utilizadas, sendo elas classificadas em: aplicativos de carona; grupos de carona em redes sociais; e sites de carona.

Num segundo momento, foram analisados os resultados da pesquisa realizada pela WRI Brasil Cidades Sustentáveis em setembro de 2016, solicitada pela PUCPR. Esta pesquisa de origem e destino tinha por fim último subsidiar a elaboração do Plano de Mobilidade da PUCPR. O resultado da pesquisa realizada pela WRI Brasil Cidades Sustentáveis apresentou um diagnóstico da universidade como um todo. Os dados obtidos foram organizados em 3 principais eixos: Econômico; quanto à pessoalidade; e quanto à acessibilidade.

No que diz respeito à pessoalidade, foram elencadas as 4 possibilidades a seguir: Carona entre amigos; colegas de curso; membros da mesma escola; e estudantes da mesma universidade. Quanto aos incentivos de natureza econômica, foram elencadas contrapartidas financeiras em três níveis: Ne-

nhuma contribuição; contribuição no combustível; contribuição no combustível e estacionamento; e carona em uma outra oportunidade.

Por último, em relação à acessibilidade e praticidade, foram citadas medidas como vagas preferenciais, tempo de espera e desvios de rota. Em relação ao tempo de espera, foram elencadas 4 subcategorias: Sem espera; até 5 minutos; entre 5 e 15 minutos; mais de 15 minutos. No que se refere à desvios de rota foram determinadas 5 subcategorias: Nenhum desvio, até 500 metros, de 500 metros a 1 quilômetro, de 1 quilômetro a 1,5 quilômetros; e mais de 1,5 quilômetros.

Tendo presente os resultados apresentados pela pesquisa da WRI, que sistematizou os dados por escola sem identificar os cursos, definiu-se por aprofundar a pesquisa junto ao curso de engenharia civil da escola politécnica. A pesquisa de origem e destino realizada com os estudantes do curso de engenharia civil buscou identificar aspectos específicos dessa população, como: origem e destino dos deslocamentos a partir do câmpus Curitiba da PUCPR; horários usuais de chegada e partida dos estudantes; e interesse em oferecer carona.

Nesse processo de aproximação com a temática tendo acesso aos resultados da pesquisa da WRI, também em planilha com dados brutos, os pesquisadores do curso de engenharia civil puderam ainda fazer novos cruzamentos de dados não apresentados inicialmente pela WRI.

A pesquisa de campo junto aos alunos de engenharia civil da PUCPR, se deu no mês de setembro de 2017 com a aplicação de um formulário no início das aulas dos períodos matutino e noturno. O procedimento adotado foi a entrega e explicação do instrumento de pesquisa aos acadêmicos que tinham 10 minutos para preenchê-lo, após esse período o instrumento era coletado pelos pesquisadores. Os dados foram posteriormente tabulados, analisados e sistematizados.

A partir dos dados obtidos foi possível determinar a população a ser abordada dentro da universidade e no curso de engenharia, na perspectiva de sensibilizar para a adesão ao sistema de carona, bem como identificar os sistemas de carona mais efetivos e sustentáveis segundo as características deste grupo.

3 Resultados

Na revisão bibliográfica foram identificados 4 exemplos de sistemas de carona solidária considerados bem sucedidos e com diferentes níveis de interatividade, são eles: Grupos de carona em redes sociais entre alunos na UFPR; aplicativo Caronaê da UFRJ; site Caronetas e Projeto MOB - Carona Solidária da Câmara Legislativa.

As propostas de grupos de carona em redes sociais dentro do *campus* politécnico da UFPR apresentam facilidades de interação entre alunos, caracterizando-se como uma opção de interface básica para que ocorra a carona. Esta raramente ocorre mediante algum tipo de incentivo financeiro, acontece geralmente entre amigos ou conhecidos. No caso do *campus* politécnico, existem pontos de

encontro caracterizados para os interessados em pegar carona [5]. O site Caronetas da UFRJ possibilita que membros de uma organização combinem caronas com colegas de trabalho ou membros de outras organizações cadastradas no site. Dessa forma a interface permite o contato de forma segura de um grande número de usuários provenientes de várias empresas. Além disso, por ser restrito aos colaboradores das empresas participantes, a interface permite ainda a opção de caronas solidárias ou remuneradas [10].

O MOB - Carona Solidária da Câmara Legislativa é uma plataforma dentro da intranet da Câmara dos Deputados em que os funcionários podem se articular oferecendo e recebendo carona. Além de apresentar a possibilidade de incentivos financeiros, o MOB destina vagas exclusivas, dentro do estacionamento destinado a Câmara dos Deputados, para os veículos com ocupação igual ou superior a 2 passageiros [6].

A análise dos sistemas de carona identificados na pesquisa bibliográfica mostrou que os aplicativos de carona dedicados apenas a um público institucional são os que possuem maior confiabilidade e interatividade de interface. Nesse sentido destaca-se o aplicativo Caronaê da UFRJ, em que 81% dos estudantes reafirmam a importância de ser institucional. Esse sistema conta também com pontos de encontro espalhados pelo *campus* da Ilha do Fundão, possibilidade de contrapartida financeira e possibilidade avaliação do usuário [11].

No que se refere à análise dos resultados da pesquisa realizada pela WRI Brasil Cidades Sustentáveis é importante destacar que esta obteve 2.373 respostas, das quais 1.762 foram de alunos e 24% destes pertenciam à escola politécnica. A divisão modal dos alunos da universidade pode ser observada abaixo na Figura 1 [12].

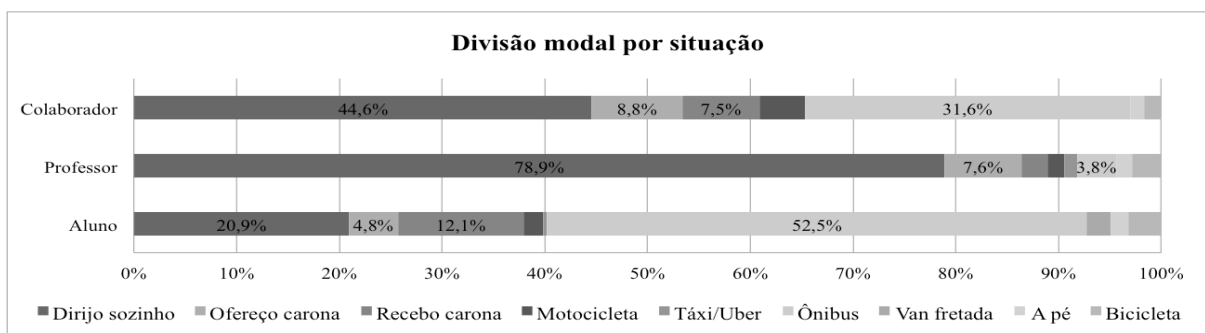


Figura 1 – Divisão modal por situação.*

Pode-se observar que cerca de 20,9% dos estudantes dirigem sozinhos, representando uma população de cerca de 5.664 condutores diários. No que se refere ao modal alternativo ao transporte individual, 49% dos respondentes consideram receber ou oferecer carona como primeira opção, como posto na Figura 2 [12].

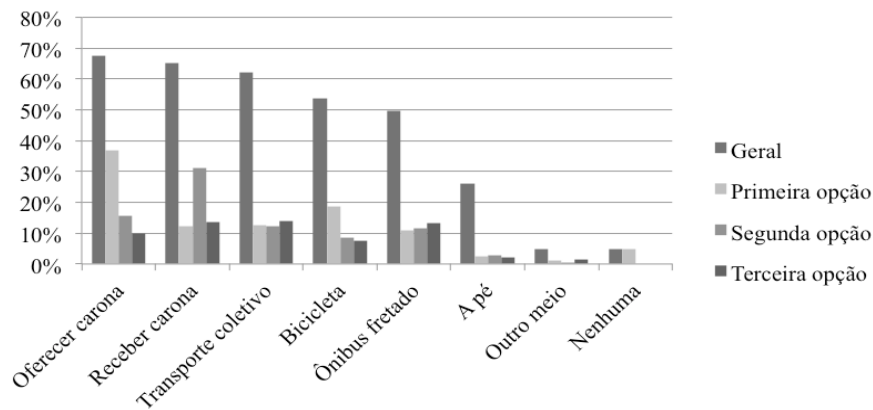


Figura 2 – Alternativas ao veículo individual em ordem de interesse.

Alternativas quanto às condições que levariam os condutores a oferecer carona foram apresentadas para os 735 estudantes e professores que utilizavam o veículo diariamente segundo a pesquisa. Os resultados estão evidenciados nas Figuras 3, 4 e 5 [12].

Pode-se identificar que alternativas de ordem econômica como desconto no estacionamento (30%) e divisão de custos (22%) representam os principais fatores de incentivo, seguido por fatores de praticidade e acessibilidade (28%) e por fim fatores de impessoalidade como carona só entre amigos (5%), somente entre colegas de curso (11%) e unicamente entre colegas de escola (9%).

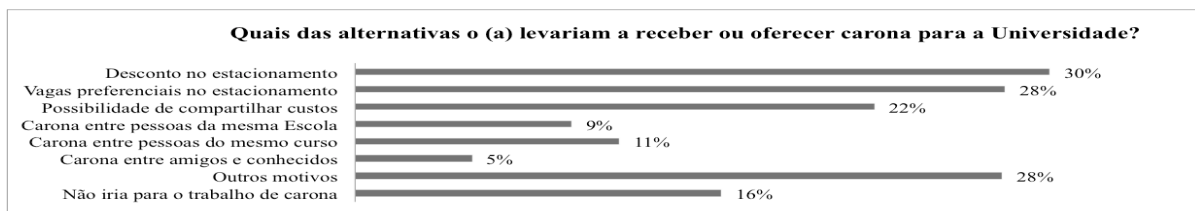


Figura 3 – Alternativas que incentivariam a oferecer carona.

Entre aqueles que oferecem carona, foi identificado que 58% da população estudada se dispõem a esperar até 15 minutos. No que se refere ao desvio de rota 74% dos pesquisados manifestaram a possibilidade de desvio de até 1 km.

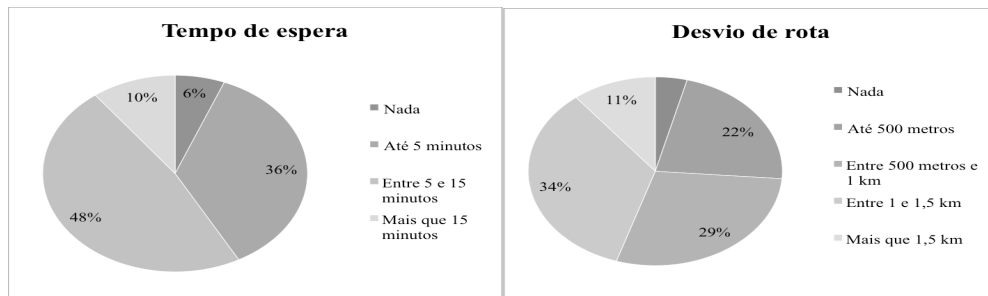


Figura 4 – Interesse dos condutores em esperar ou desviar sua rota.

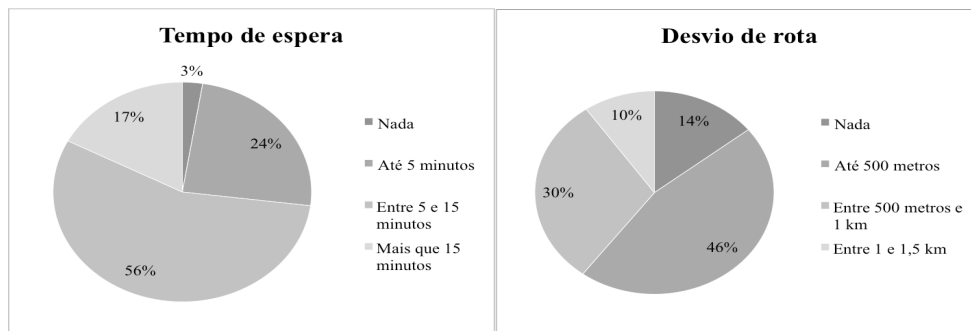


Figura 5 – Interesse dos caronas em esperar ou desviar sua rota.

Já em relação àqueles que recebem carona, foi identificado que 73% da população estudada, disponibilizam-se a esperar mais de 15 minutos. No que se refere ao desvio de rota 40% dos pesquisados aceitam o desvio de 1 km ou mais. Os fatores econômicos da prática da carona estão evidenciados na Figura 6 [12].



Figura 6 – Quais recompensas financeiras seriam mais atrativas.*

A pesquisa realizada pelos acadêmicos junto ao curso de engenharia civil da PUCPR atingiu uma amostragem de 464 estudantes, ou seja, aproximadamente 38% do total de discentes do curso, sendo que, segundo a pesquisa, 53% (287) dos alunos moram e/ou trabalham em um raio de até 5 km da universidade, 84% (457) em um raio de até 10 km, e 94% (513) em um raio de até 15 km. Deste universo, 291 estudantes utilizam automóvel individual diariamente para ir à universidade. O interesse em oferecer carona é apresentado na Gráfico 7.

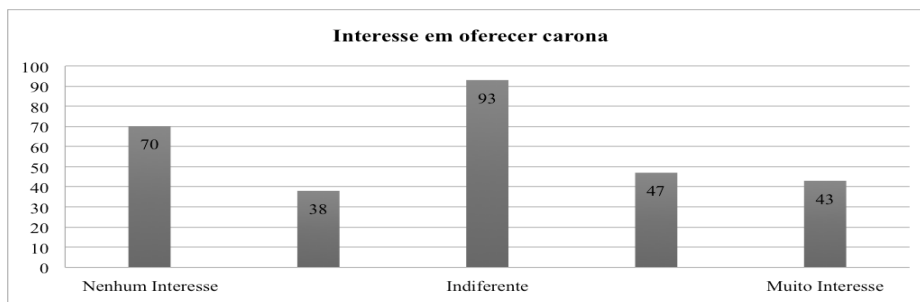


Figura 7 – Interesse em oferecer carona.

Dentre a subpopulação de estudantes do curso de engenharia civil da PUCPR foi identificado um grupo de 93 estudantes (20,1% da subpopulação) que são indiferentes quanto à proposta de carona.

4 Conclusões

A partir da análise e sistematização de dados identificou-se uma população de 93 estudantes (20% dos participantes) que seriam potenciais ofertantes de carona e, portanto, o público-alvo a ser trabalhado e incentivado a participar de sistemas de carona.

As propostas mais efetivas de estímulo para utilização do sistema carona identificadas no processo de pesquisa foram as de incentivo econômico. Dentre estes destaca-se a contribuição no custo da gasolina e o compromisso de oferecer carona em uma outra oportunidade. Essa última possibilidade abre a discussão para a criação de um sistema de recompensa interno, que não se traduza em uma proposta monetária, como vale carona, créditos ou pontos que poderiam ser válidos na utilização de serviços e parceiros da universidade. Considera-se serviços internos e parceiros, os serviços de fotocópia, as cantinas, as atividades esportivas, o estacionamento, e as lojas internas.

Outro resultado a ser destacado, foi o interesse manifesto pelo condutor de desviar a rota em até 1,5 km de distância e em esperar até 15 minutos para oferecer carona. No que se refere ao usuário da carona, este se dispôs a desviar a rota em até 1,0 km de distância e esperar até 15 minutos. Poder-se-ia aqui propor a criação de um aplicativo de carona, nos moldes do aplicativo Caronaê desenvolvido por estudantes e professores da UFRJ, destacando-se sua interatividade, facilidade de utilização, segurança, baixo custo e os pontos de parada espalhados pela cidade universitária da Ilha do Fundão. Deve-se levar em consideração a importância de que a PUCPR promova similar proposta, principalmente, fomentando a participação conjunta do seu corpo discente e docente no desenvolvimento do produto em questão. Tal iniciativa, favoreceria a apropriação desse sistema pelos estudantes, posto sua contribuição no processo, aumentando a adesão destes ao sistema.

Como segundo fator que mais motivaria os estudantes a oferecer carona sobressai aqueles relacionados a acessibilidade, como a possibilidade de criação de vagas preferenciais no estacionamento.



E por fim, quanto à pessoalidade, propostas voltadas para acadêmicos de um mesmo curso são mais atrativas, englobando até 95% dos interessados em oferecer carona.

Levando em consideração a população de condutores do curso de engenharia civil como sendo aproximadamente 754, pode-se afirmar que a implementação bem sucedida de sistemas de carona que elevasse a taxa de ocupação média mínima de 2 passageiros por veículo teria potencial de atender integralmente os alunos do curso de engenharia civil. Poderia ainda representar uma diminuição de aproximadamente 376 veículos uma vez que 49% dos respondentes utilizariam a carona como principal alternativa ao veículo individual.

Dada a riqueza de dados obtidos a partir das pesquisas e do interesse institucional em encontrar soluções que diminuam o número de áreas de estacionamento no interior do *campus* principal da universidade, existe um vasto horizonte de pesquisa a ser desenvolvido neste tema. Dentre as principais frentes de pesquisa destacam-se: estudo a respeito da criação de aplicativo de carona interno na PUCPR, quanto à interface e operabilidade; determinação de estratégias que permitam a utilização da carona como um sistema perene; e estudo para redução do estacionamento caso um sistema de carona funcional fosse implementado.

Referências

- [1] VASCONCELLOS, E. A. **Políticas de transporte no Brasil: A construção da mobilidade excludente**. Barueri, SP: Ed. Manole, 2013. p. 27-97.
- [2] COULAUD, D. **L'automoville: Ville, automoville et mode de vie**. Paris: L'Harmattan, 2010. p. 9-16.
- [3] CASAGRANDE, Renato; FREITAS FILHO, Roberto. O problema do tempo decisório nas políticas públicas. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, v. 187, n. 47, p.21-34, set. 2010. Mensal.
- [4] GAULTIER, Élise. **Agir ensemble pour des mobilité urbaines durables: Du quartier au territoire**. Paris: Comité 21, 2014. p. 76-84.
- [5] MENDES JUNIOR, Ricardo; FUSCO, Rafael. **Projeto Carona Solidária na UFPR**. 2011. 10 f. Monografia - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- [6] GLOBOTV. **Câmara dos deputados estimula a carona solidaria através de aplicativo**. Disponível em: <<http://globotv.globo.com/rede-globo/dftv-2a-edicao/v/camara-dos-deputados-estimula-a-carona-solidaria-atraves-de-aplicativo/3893449/>>. Acesso em: 11 de out. 2017.
- [7] MONTAÑO, Carlos E.. **Terceiro Setor: Crítica ao padrão emergente de intervenção social**. São Paulo: Cortez, 2002. 288 p. (214-229).
- [8] SILVA, Diane Bianchi da Costa e. **Transporte Solidário: uma rede colaborativa para cidades mais sustentáveis**. 2015. 63 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- [9] Ecotécnica – Tecnologia e Consultoria. **Estudo de Polo Gerador de Tráfego – PUCPR – Campus Curitiba**. Curitiba, 2017. 342 p.
- [10] CARONETAS. **CARONETAS**. Disponível em: <<https://www.caronetras.com.br>>. Acesso em: 12 de out. 2017.
- [11] MEYER et al. **Transporte Solidário - Unificando e Ampliando as Caronas na Cidade Universitária da UFRJ**. Concurso Soluções Sustentáveis: termo de referência, Fundo Verde, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- [12] WRI Ross Centro para Cidades Sustentáveis, **Projeto de Mobilidade Corporativa: Relatório Final de Diagnóstico da PUCPR**. Curitiba, 2017.



ESTUDO QUANTITATIVO DO TRÂNSITO EM PONTOS CRÍTICOS DA CIDADE DE JOAÇABA/SC

L. A. Bulla¹; G. Luvizão²; F. A. Nienov³; L. Q. Zampieri⁴

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba/SC

^{2,3,4} Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba/SC
luiz@zagoassessoria.com.br¹, gislaine.luvizao@unoesc.edu.br², fabiano.nienov@unoesc.edu.br³,
lucas.zampieri@unoesc.edu.br⁴

Resumo: Os problemas relacionados ao trânsito nos municípios de Joaçaba, Luzerna e Herval d'Oeste situados no estado de Santa Catarina, se agravam diariamente, acarretando na formação de filas e congestionamento. Desta forma a identificação, quantificação e qualificação dos veículos e fluxos se mostra imprescindível para o desenvolvimento e progresso do meio oeste Catarinense. Para obtenção dos dados foram realizados estudos de tráfego em quatro interseções no centro do município de Joaçaba, localizados em pontos críticos. Nestes pontos estudados circulam em média 33 mil veículos por dia, representando 145% da frota joaçabense, ou 80% da frota do arranjo populacional (Joaçaba, Luzerna e Herval d'Oeste). Com os dados do estudo foi possível atestar o descaso com o tipo de transporte em massa na região, dos quais carros e motos representam em média 95% do trânsito, ocasionando congestionamentos e reduzindo a velocidade em horários de pico. A contagem do volume de veículos traz diversas informações do tráfego de Joaçaba, podendo ser base para o planejamento de engenharia do arranjo populacional.

Palavras-chave: Mobilidade, Estudo de tráfego, Engenharia de tráfego.

Abstract: Traffic-related problems in the municipalities of Joaçaba, Luzerna and Herval d'Oeste in the state of Santa Catarina, aggravate daily, leading to queuing and congestion. In this way the identification, quantification and qualification of the vehicles and flows is essential for the development and progress of the Santa Catarina Midwest. To obtain the data, traffic studies were carried out at four intersections in the center of the city of Joaçaba, located at critical points. In these points, an average of 33,000 vehicles per day, representing 145% of the Joaçabense fleet, or 80% of the population arrangement (Joaçaba, Luzerna and Herval d'Oeste) circulate on average. With the data from the study it was possible to attest to the disregard for the type of mass transportation in the region, of which cars and motorcycles represent on average 95% of the traffic, causing congestion and reducing the average speed at peak times. The volume counting of vehicles brings diverse information of the traffic of Joaçaba, being able to be basis for the engineering planning of the population arrangement.

Keywords: Mobility, Traffic Study, Traffic Engineering.

1 Introdução

O Brasil na década de 70 sofreu um grande processo de urbanização. No estado de Santa Catarina, por exemplo, deu-se início ao êxodo rural, na época a população rural representava 57% do total, enquanto atualmente caiu para 16% [1].

O aglomerado urbano Joaçaba, Herval d'Oeste e Luzerna apresentavam em 1960 aproximadamente 34 mil habitantes, passando a ter aproximadamente 54 mil habitantes em 2010, mostrando-se municípios altamente urbanos, de acordo com o padrão catarinense [1].

O planejamento urbano tradicional, concentra-se em apenas uma parte do sistema, por ser uma rede complexa de sistemas que interagem. A distribuição desigual dos benefícios por parte das organizações, a falta de um sistema adequado e iterativo e a adoção de modelos convencionais, causam atrasos de congestionamento para os veículos ou barreiras para os pedestres [2]

A região de Joaçaba enfrenta desafios para o planejamento viário, onde destaca-se o relevo acidentado, ruas estreitas, o Rio do Peixe que delimita os municípios de Joaçaba e Herval d'Oeste, o alto fluxo de veículos e a falta de planejamento urbano entre as duas cidades. Para mudar o panorama atual, é preciso que se invistam em estudos e além de soluções e ações para reduzir os congestionamentos, melhorando a circulação de cargas e pessoas.

1.1 Estabelecimento das zonas de tráfego

A delimitação das zonas de tráfego é feita por aproximações sucessivas. Em princípio, os polos de geração e de atração de viagens devem ser identificados com os municípios e o seu conjunto ser enquadrado, quando possível, dentro dos limites das microrregiões homogêneas (limites políticos, administrativos e censitários) [3].

1.2 Arranjos populacionais

Arranjos populacionais são unidades espaciais que arranjam em diferentes magnitudes e ocorrem deslocamentos pendulares de grande importância, principalmente na ampliação da área construída e no trabalho. São impulsionados pela crescente atividade dinâmica entre as cidades, incorporação de novas áreas residenciais, a busca por emprego e a oferta de transporte mais eficiente [4].

Há 294 arranjos populacionais no país, formado por 938 municípios, que representam 55,9% da população residente no País em 2010. No meio oeste catarinense temos dois arranjos populacionais, Joaçaba e Capinzal [1]. Os municípios de Joaçaba, Herval d'Oeste e Luzerna formam um arranjo populacional, demonstrando na Tabela 1.



Tabela 1 – Arranjo populacional.

Municípios	População	Núcleo ¹	Pessoas que trabalham e estudam em outros municípios do arranjo	Mancha Urbanizada Contígua ²
Herval d'Oeste	21.239	Sim	7.403	Sim
Joaçaba	27.020	Sim	8.037	Sim
Luzerna	5.600	Não	1.562	Sim

Fonte: adaptado IBGE (2010).

¹ Indica se o município faz parte do núcleo do arranjo ou não. ² É preenchida com “sim” para as distâncias até 3 km.

1.3 Movimentos pendulares

Os movimentos pendulares além de constituírem um fenômeno complexo, por se inter-relacionar com os distintos fatores determinantes da mobilidade espacial da população que estão, por sua vez, associados direta e indiretamente a um sistema de carências e de necessidades referidas ao cotidiano da população. Em consequência, manifestam-se por diferentes níveis escalares cujos parâmetros podem ser abalizados, por exemplo, em relação a [1]:

- urbanização/metropolização – responsáveis por novas e diferentes formas de mobilidade;
- migração (regional e inter-regional);
- mobilidade cotidiana e a mobilidade residencial;
- despesas com viagens e renda obtidas através do trabalho;
- o nível de escolaridade;
- o nível de renda;
- as viagens de negócios e eventos sociais atribuídos normalmente a eventos turísticos;
- consultoria, assessoria e outras atividades oferecidas por profissionais prestadores de serviços especializados.

Joaçaba é a cidade com a segunda maior taxa de atração do Estado, com 30,85%. Herval d'Oeste e Luzerna, que formam o arranjo populacional apresentam elevadas taxas de repulsão, Herval d'Oeste com 35,99%.

Analisando o arranjo populacional de Joaçaba e Herval d'Oeste, caracterizou as tipologias de taxa de atração e repulsão:

- a. para Joaçaba - Municípios com elevadas taxas de atração e baixas taxas de repulsão, ou seja, conseguiram reter a sua população empregada e ao mesmo tempo atrair população de fora;
- b. para Herval d'Oeste e Luzerna - Municípios com elevadas taxas de repulsão e baixas taxas de atração, ou seja, não possui uma dinâmica econômica satisfatória para atender sua demanda por emprego.

Geralmente os municípios que apresentam altas taxas de atração são aqueles que sofrem pressão sobre as estruturas econômicas e de serviços, e os que apresentam altas taxas de repulsão sofrem pressão na esfera social, sinalizando a função de municípios-dormitórios [5].

2 Metodologia

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados na elaboração do estudo de quantificação do volume de tráfego em pontos críticos no centro da cidade de Joaçaba. Buscou-se analisar o comportamento do trânsito nas principais ruas de Joaçaba, Av. Santa Teresinha e Av. XV de Novembro. A pesquisa teve caráter científico e exploratório, apresentando resultados de análises estatísticas e do comportamento do trânsito.

O município de Joaçaba está localizado no meio oeste do Estado de Santa Catarina, é cortada pelas rodovias BR-282 e a SC-150, a rodovia estadual serve como ligação entre os municípios de Luzerna e Joaçaba, no perímetro urbano recebe o nome de Avenida Santa Terezinha, da qual passa pelo centro de Joaçaba unindo os tráfegos municipal e rodoviário.

2.1 Estabelecimento das áreas de estudo

O critério de escolha da área de estudo foi o volume de tráfego de veículos e pessoas, importância para o fluxo e ocorrência de congestionamentos (Figura 1 e Figura 2).



Figura 1 – Av. Santa Teresinha.



Figura 2 – Rua Getúlio Vargas.

Devido ao grande fluxo, complexidade e canalização do tráfego no centro da cidade de Joaçaba, foram escolhidos quatro pontos críticos (Figura 3) nas duas principais avenidas da cidade.

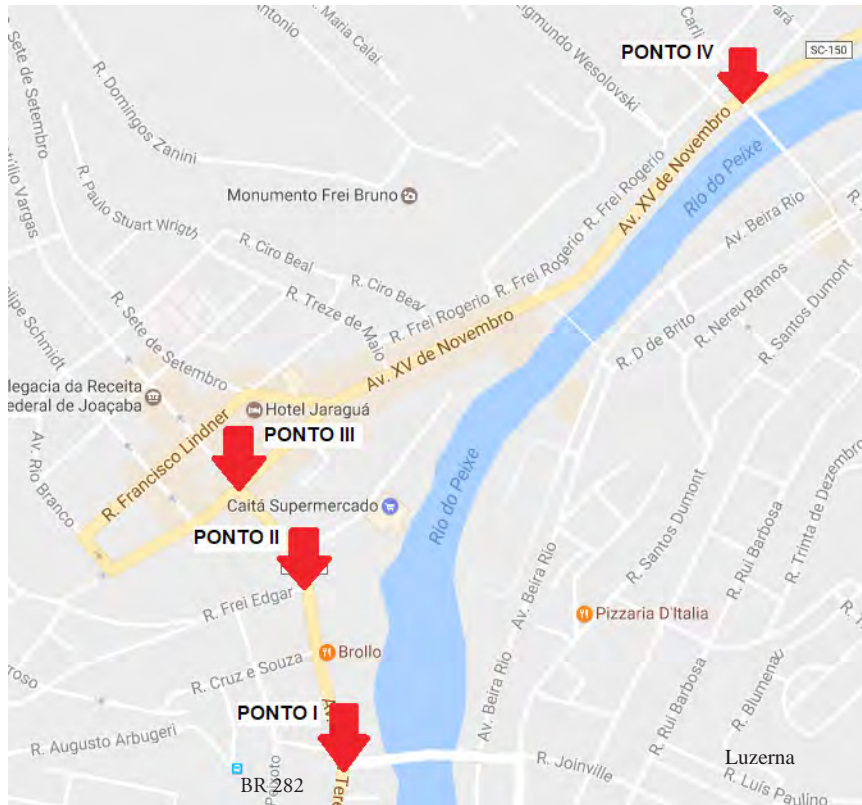


Figura 3 – Mapa com os pontos de levantamento.

Fonte: adaptado Google Earth.

2.2 Contagens volumétricas

Para efetuar a análise das vias foram realizadas contagens de veículos utilizando videoteipe da 10ª Central Regional de Emergência (CRE), situada em Herval d'Oeste e fichas de contagens volumétricas. As contagens foram efetuadas nos quatro locais, durante três dias da semana, em três horários distintos: 6h30, 11h00 e 17h00. As contagens diárias tiveram duração de 8 horas, ou seja, contagem de um “período de pico” dentro da hora que constitui um maior tráfego de veículos. Os dias das contagens foram sequenciais e em dias de semana, na terça-feira, quarta-feira e quinta-feira. Os veículos foram separados em carros de passeio, motos, caminhões e ônibus. Em todos os dias de levantamento, o clima se apresentava bom e ensolarado sem ocorrência de chuvas.

Para calcular o volume médio diário das interseções foi necessário conhecer o volume de veículos passantes nas 24h do dia, solicitou-se junto a Prefeitura Municipal de Joaçaba as contagens diárias do ano de 2016 realizadas pelas lombadas eletrônicas, tendo os dados e as localizações das lombadas, identificou-se que o aparelho JO003 instalado em frente ao Colégio Celso Ramos, que regulamentava o sentido bairro – centro, coincide com o FG 03 do Ponto II.

Para fazer a extrapolação com dados coerentes foi adotado estes requisitos: três meses distintos: março, junho e setembro; dias da semana iguais ao do levantamento: terça, quarta e quinta feira; semanas sem feriado; sem ocorrência de chuvas durante a semana.

3 Resultados

Com os levantamentos de campo e análise dos dados coletados por videoteipe, obtiveram-se as características de sinalização e direção de fluxo (Figuras 4, 6, 8 e 10), além dos valores de volume de tráfego no horário de pico, conforme apresentado nas Figuras 5, 7, 9 e 11.

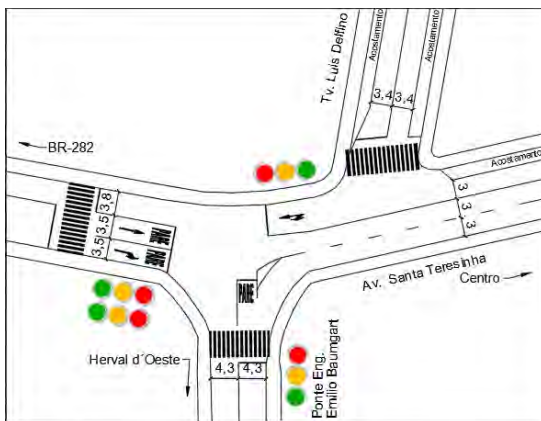


Figura 4 – Características Ponto I.

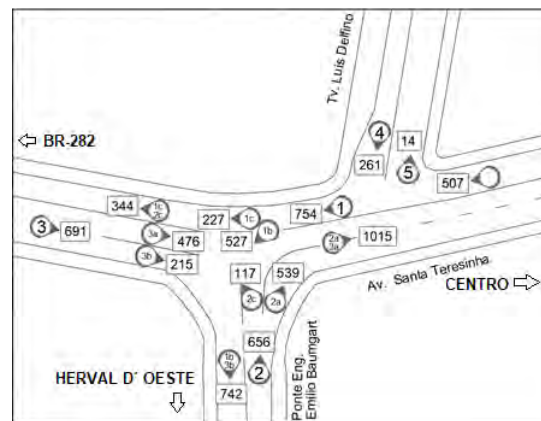


Figura 5 – Veículos hora pico Ponto I.

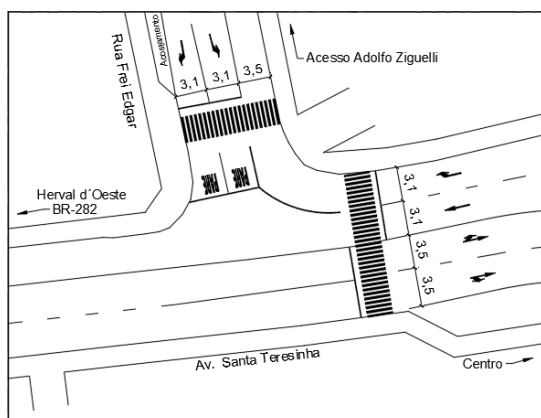


Figura 6 – Características Ponto II.

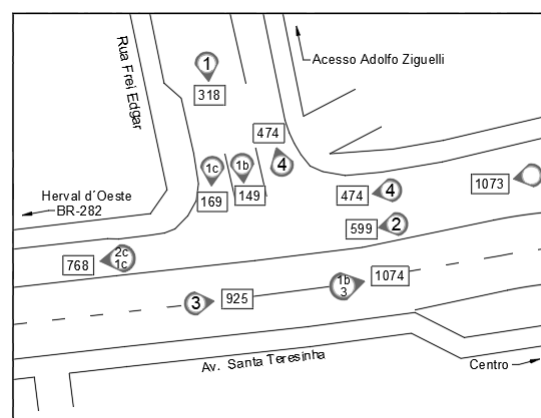


Figura 7 – Veículos hora pico Ponto II.

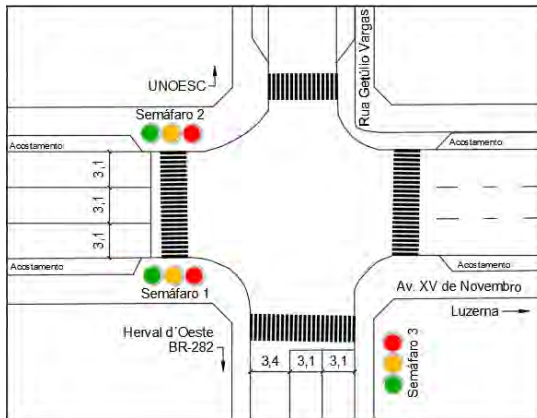


Figura 8 – Características Ponto III.

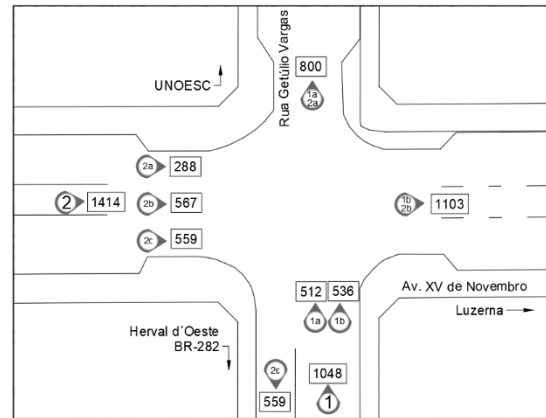


Figura 9 – Veículos hora pico Ponto III.

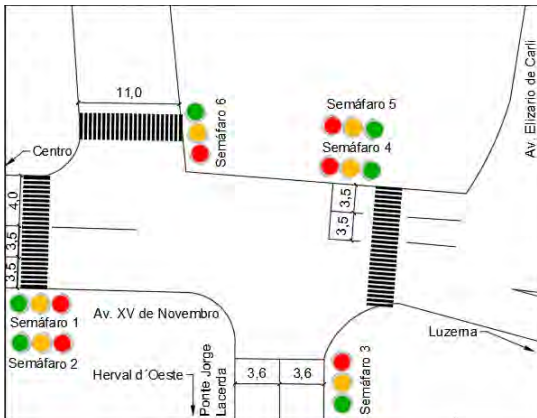


Figura 10 – Características Ponto IV.

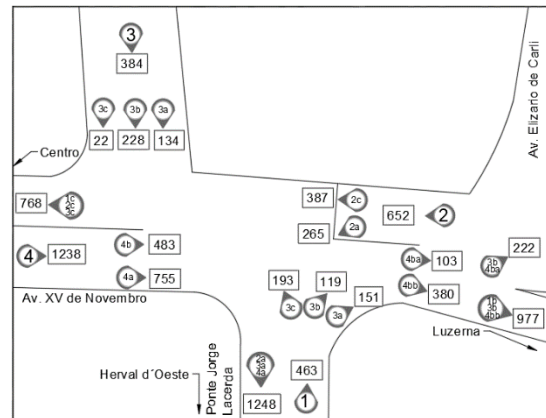


Figura 11 – Veículos hora pico Ponto IV.

A contagem volumétrica das lombadas eletrônicas separa de forma idêntica ao levantamento manual os veículos, caracterizando em quatro categorias: carros, motos, caminhões e ônibus.

Para encontrar o volume aproximado característico da via, foi realizada a média das contagens volumétricas dos três meses analisados. No Gráfico 1 está demonstrado o volume médio de veículos passantes na lombada eletrônica JO003, apenas no sentido BR-282 para o centro de Joaçaba.

Nota-se que na lombada eletrônica o horário das 18h até 19h é o horário de pico com 852 veículos passantes. Para extrapolar os dados das contagens, foi utilizando percentual de cada horário sobre o horário de pico, a Tabela 2 apresenta o detalhamento dos volumes por horário.

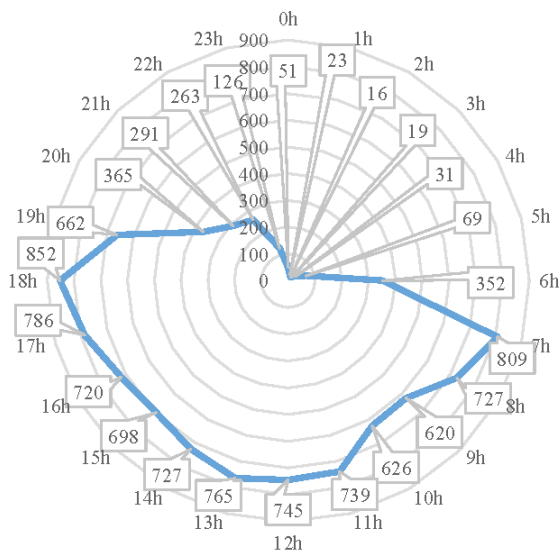


Gráfico 1 – Volume horário – JO003 – Sentido BR-282 para centro Joaçaba.

Tabela 2 – Relação Volume de Pico.

Horário		Hora/Hora Pico
00:00	01:00	5,98%
01:00	02:00	2,66%
02:00	03:00	1,84%
03:00	04:00	2,23%
04:00	05:00	3,68%
05:00	06:00	8,13%
06:00	07:00	41,34%
07:00	08:00	94,92%
08:00	09:00	85,30%
09:00	10:00	72,74%
10:00	11:00	73,45%
11:00	12:00	86,70%
12:00	13:00	87,45%
13:00	14:00	89,79%
14:00	15:00	85,30%
15:00	16:00	81,89%
16:00	17:00	84,47%
17:00	18:00	92,18%
18:00	19:00	100,00%
19:00	20:00	77,67%
20:00	21:00	42,78%
21:00	22:00	34,14%
22:00	23:00	30,86%
23:00	00:00	14,82%

Observa-se o grande fluxo de veículos entre as 7h e 19h, variando entre 620 e 850 veículos por hora. Considerado fluxo intenso, sendo este valor referente apenas um sentido de fluxo para uma via com pista simples.

O mesmo comportamento foi identificado nos 4 pontos analisados. Com isso elaborou-se o diagrama horário e um esquema diário do fluxo de veículos (Gráficos 2, 3, 4 e 5, Figuras 12, 13, 14 e 15).

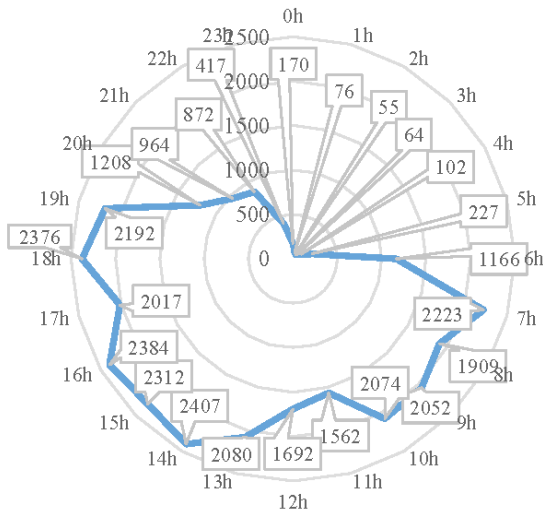


Gráfico 2 – Volume horário Ponto I.

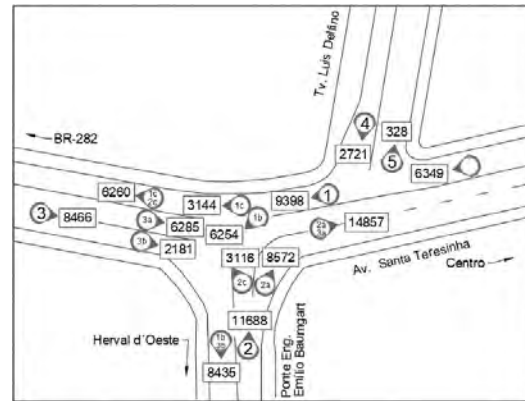


Figura 12 – Volume diário Ponto I.

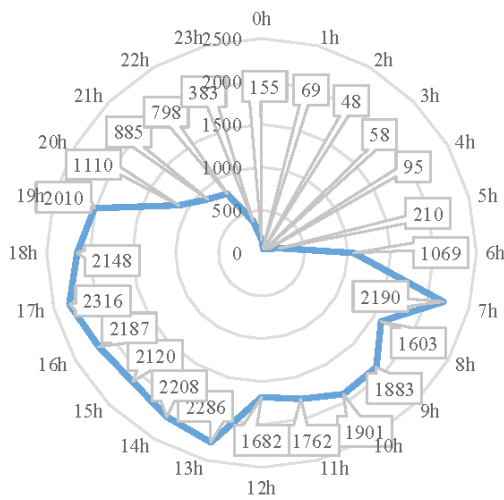


Gráfico 3 – Volume horário Ponto II.

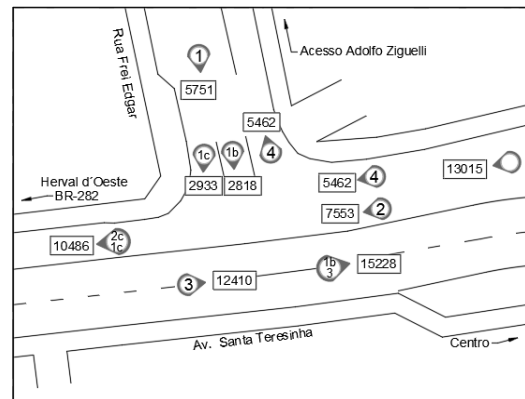


Figura 13 – Volume diário Ponto II.

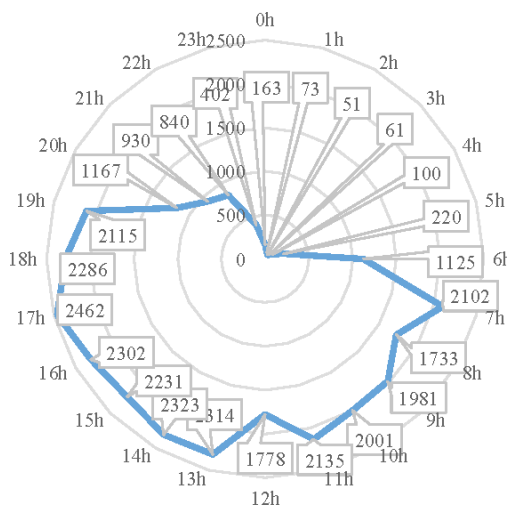


Gráfico 4 – Volume horário Ponto III.

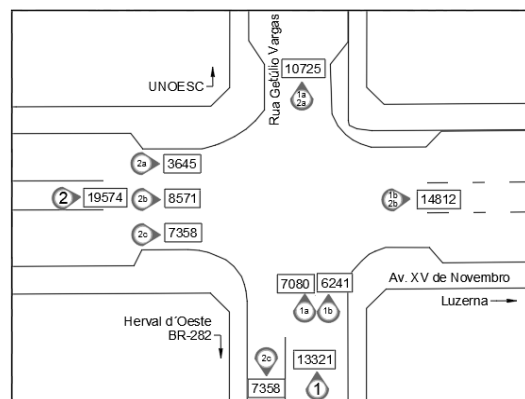


Figura 14 – Volume diário Ponto III.

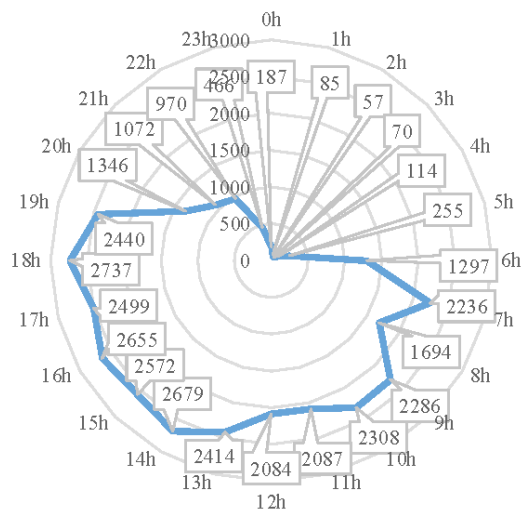


Gráfico 5 – Volume horário Ponto IV.

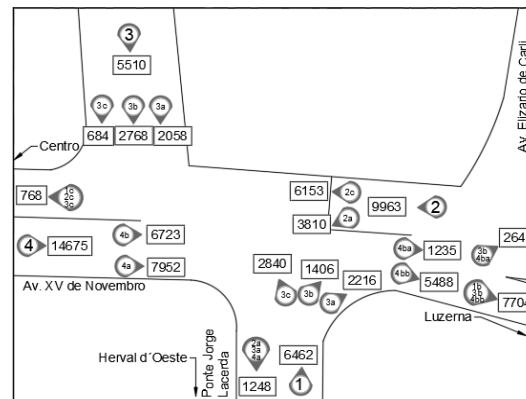


Figura 15 – Volume diário Ponto IV.

Após a contagem e extrapolação dos dados, destaca-se que nos pontos estudados a média de 33 mil veículos por dia, representando segundo DENATRAN [6], 145% da frota Joaçabense ou 80% da frota do arranjo populacional. Outro dado expressivo é o uso de carros e motos no trânsito de Joaçaba, representando 95% dos veículos que transitam nos pontos estudados.

4 Conclusões

Ao término deste estudo pode-se aferir que a contagem de tráfego realizada, demonstra o descaso dos transportes em massa na região. Do total geral os automóveis e motos representam em média 95% do trânsito, ocasionando congestionamentos e reduzindo a velocidade média em horários de pico, o que representa redução de 75% da capacidade da via.

As longas filas nas avenidas e ruas, acidentes e consequentemente a redução da qualidade de vida de seus moradores e visitantes, mostra a falta de investimentos públicos em desenvolver políticas de mobilidade urbana e traçar planos para alcançar o desenvolvimento de maneira ordenada.

Antecipar o futuro permite identificar questões urgentes, estar preparados e gerar informações confiáveis sobre a necessidade da população, das quais existem estratégias que podem ser adotadas, como: incentivo ao ciclismo e à caminhada; incentivo ao transporte público; realização de campanhas para incentivar os estudantes a usar o transporte público; melhoria da infraestrutura voltada para o transporte público e não motorizado na cidade; realização de campanhas sobre o uso do consciente do automóvel particular; restrição ao estacionamento de veículos particulares na área central da cidade; aumento de preços do estacionamento na zona azul; e eliminação de vagas nas vias públicas e construção de edifícios-garagem a serem operados por empresas privadas para prover vagas de estacionamento.



Portanto, fica evidente a necessidade planejamento urbano conjunto entre o arranjo populacional Joaçaba, Herval d'Oeste e Luzerna, pois somente com estudos e implementações de semáforos, rotulas e principalmente o uso de transporte em massa na região, os problemas ocasionados pelo grande fluxo de veículos poderá reduzir.

Referências

- [1] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- [2] Hellem de Freitas Miranda, Antonio Nelson Rodrigues da Silva. Benchmarking sustainable urban mobility: The case of Curitiba, Brazil. **Transport Policy**. p. 141-151, 2012.
- [3] DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Manual de Estudos de Tráfego**. 2006.
- [4] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Arranjo Populacionais e Concetrações Urbanas em Santa Catarina**. Disponível em: <ftp://geofitp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/tipologias_do_territorio/arranjos_populacionais/mapas_2ed/mapa122.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2017.
- [5] Marley Vanice Deschamps. **Análise dos movimentos pendulares nos municípios de Santa Catarina: uma abordagem regional**. 2. ed. – UNC/IPARDES, 2008.
- [6] DENATRAN. Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina. **Estatística de veículos**. Disponível em: <http://consultas.detranet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/winVeiculos.asp?lst_municipio=8177&nome_munic=JOACABA&lst_ano=2017&lst_mes=0>. Acesso em: 15 nov. 2017.



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO TRANSPORTE URBANO DE CURITIBA

L. P. Basile¹

¹ Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Curitiba/PR, CEP 81531-970
luisa.p.basile@gmail.com¹

Resumo: Em uma sociedade moderna, quase todas as atividades cotidianas acarretam custo de energia, razão pela qual a análise da eficiência energética se mostra importante, visto que busca otimizar o consumo desse insumo. Por sua vez, a porcentagem de energia útil em comparação ao total de energia consumida pelo setor de transportes no Brasil é de apenas 24,4%, apresentando-se em desvantagem em relação aos setores industrial, residencial e comercial do país. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo analisar a eficiência energética de modais de transporte urbano de passageiros, utilizando-se do conceito de função produção. Para isso, foram utilizados dados de pesquisa realizada em corredores estruturais de transporte de Curitiba, contendo informações sobre a frequência horária de diferentes modais de transporte e seus respectivos volumes de passageiros por hora, no período pico manhã. Por meio da aplicação de regressão múltipla e logarítmica nesses dados foi possível especificar dois modelos estatísticos, linear e não linear, relacionando, como variáveis independentes, as frequências de veículos de cada modal por hora com a variável dependente, volume total de viagens, em passageiros por hora. Dessa forma, foi possível estimar uma função produção para o uso de transporte na cidade de Curitiba. A partir da análise dessa função procurou-se relacionar seus coeficientes com a taxa média de ocupação de cada modal, de forma a estimar a sua produtividade média e estabelecer uma referência para análise da eficiência energética do transporte urbano de passageiros.

Palavras-chave: Eficiência energética, Transporte urbano, Função produção.

Abstract: In a modern society, almost all activities use energy, this is why the analysis of energy efficiency is important, since it seeks to optimize the consumption of that input. In this perspective, the percentage of useful energy compared to the total energy consumed by the transportation sector in Brazil is only 24.4%, presenting a disadvantage compared to the industrial, residential and commercial sectors of the country. In this context, the present work aims to extend the understanding of urban transport energy efficiency and analyze it based on the concept of production function. In order to do so, we used survey data from Curitiba's transportation corridors, containing information on the hourly frequency of different modes of transport and their respective passenger volumes per hour in the morning peak period. By applying multiple and logarithmic regression in these data it was possible to specify two statistical models, linear and non-linear, relating, as independent variables, the vehicle frequencies of each modal per hour to the dependent variable, total travel volume, in passengers per hour. In this way, it was possible to estimate a production function for the use of transportation in the city of Curitiba. From the analysis of this function, it was possible to relate its coefficients with the average occupancy rate of each modal, in order to estimate its average productivity, establishing a reference for analysis of the urban transport energy efficiency.

Keywords: Energy efficiency, Urban transport, Production function.

1 Introdução

O crescimento das cidades brasileiras de forma não sustentável vem causando diversos problemas ambientais, principalmente pela falta de planejamento da infraestrutura. Em 2000, mais de 80% da população morava em áreas urbanas, sendo que todas as atividades da cidade estão ligadas à necessidade de se deslocar (PONTES¹, 2010 apud [1]). De acordo com [2] as redes de transporte, para apresentarem economias de escala, de escopo e de integridade necessitam ser adequadamente planejadas e desenvolvidas. Nesse sentido, e considerando-se que a mobilidade consome energia, ressalta-se a relevância do estudo sobre eficiência energética, que pode auxiliar na otimização desse consumo.

O presente trabalho, utilizando-se de uma base teórica, busca relacionar os conceitos e discussões sobre transporte urbano e seus modais públicos e particulares e a diferença de impacto ambiental e eficiência energética de cada um deles.

1.1 Eficiência energética e economia do transporte urbano

Uma discussão relevante em relação ao transporte urbano refere-se ao consumo energético decorrente dos diversos modais. Considerando que o transporte coletivo e o transporte individual têm praticamente a mesma participação modal, cada viagem do modal individual consome o triplo de energia do transporte coletivo (ANTP², 2014 apud [3]). De fato, “para cada passageiro de viagens de carro que se transferisse para o modo ônibus, haveria uma redução energética de 1,64 MJ/pass.km [sic]³, o equivalente a 88% de economia da energia gasta pelo modo carro” [3, p. 6].

O conceito de economia do transporte, outra discussão relevante, é definido como “área aplicada da economia que está preocupada com o uso eficiente dos escassos recursos da sociedade para prover a movimentação de pessoas e bens entre origem e um destino.” [2]. Portanto, um sistema de transporte necessita ser planejado adequadamente, de forma a garantir tanto economia de escala, quanto integridade do sistema.

Para uma discussão sobre economia do transporte, o conceito de *função produção* se faz importante, ao relacionar os fatores de insumo e produtos. De acordo com [2] esse conceito representa as leis de proporção, descrevendo a transformação de insumos em produtos em um determinado período. Segundo [4], a função produção simbolicamente pode ser escrita como a Equação (1), Na qual Y , variável dependente, é o *output* ou quantidade de produto e X_1, \dots, X_n , variáveis independentes, são diferentes *inputs*, ou insumos, que são usados no processo produtivo de Y .

¹ PONTES, T. F. **Avaliação da mobilidade urbana na área metropolitana de Brasília**. xxv, 250 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

² ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **Sistema de informações da mobilidade urbana**: relatório geral 2012. São Paulo: ANTP, 2014. Disponível em: <http://antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.

³ A forma correta de grafia para a unidade é MJ/passageiro/km.



$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (1)$$

Essa função representa que para cada combinação de X_1, \dots, X_n existe apenas um nível de quantidade de produto Y . A função produção permite chegar a alguns conceitos úteis para a economia, tais como: produtividade marginal dos fatores de produção, elasticidade de substituição, fator intensidade, eficiência da produção, retornos de escala [2]. De acordo com esse autor, o produto marginal de um fator de produção representa como a mudança na produção de Y varia com um incremento muito pequeno do fator variável X_1, \dots, X_n , mantendo todos os outros constantes. De maneira matemática, o produto marginal, MP_{X_1} , de cada um dos fatores pode ser obtido pela derivada parcial da função produção em relação a esse fator, como na Equação (2), em que o fator considerado é X_1 :

$$MP_{X_1} = \frac{\partial Y}{\partial X_1} \quad (2)$$

De forma gráfica o produto marginal de um fator X_1 , mantendo as demais condições constantes, significa a inclinação da função produção da Equação (3):

$$Y = f(X_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (3)$$

Uma forma de obter-se uma função produção é utilizar-se da análise de regressão, que tem por finalidade descrever as relações existentes entre duas ou mais variáveis, a partir de n observações dessas variáveis, por meio de um modelo estatístico. Uma opção é a regressão linear, a qual considera que a relação entre as variáveis é descrita por uma função linear. Quando é necessário analisar casos que tenham mais de uma variável independente – para o caso da função produção, mais de um fator de produção – é adequado utilizar-se da regressão múltipla. De acordo com [5, p. 4], “a análise de regressão linear múltipla é uma extensão da análise de regressão linear simples” e é aplicada quando há duas ou mais variáveis independentes para estimar o valor da variável dependente, formando assim a Equação (4) de regressão múltipla linear segundo [5]:

$$y_c = a + b_1x_1 + b_2x_2 \dots b_kx_k \quad (4)$$

Na Equação 4, y_c representa o “valor calculado de y ”, a é o intercepto- y , b , com respectivos índices, são coeficientes angulares, e k é o número de variáveis independentes.

[5] também aponta três finalidades da regressão: estimar valores de uma variável, com base em valores conhecidos das outras; explicar valores de uma variável em termos das outras; prever valores futuros de uma variável, isto é, explicar o potencial futuro de outra variável com base em uma ou mais variáveis.

Outra opção para se obter uma função produção é utilizar a regressão não linear, na qual a relação entre as variáveis não pode ser descrita por uma função linear, podendo ser escritas em forma de função exponencial ou logarítmica.

Uma análise importante a ser feita após a aplicação da regressão refere-se ao coeficiente de determinação (R-quadrado), o qual, segundo [5, p. 6], “indica a proporção da variância da variável dependente que pode ser estatisticamente atribuída ao conhecimento de uma ou mais variáveis independentes”. Assim, este coeficiente mensura a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes, indicando quanto por cento a variação explicada pela regressão representa da variação total [5]. Quanto mais o R-quadrado é próximo de 1, maior o grau de relacionamento entre as variáveis independentes e dependentes e quando R-quadrado é igual a um, de acordo com [5], na função especificada as variações de y (variável dependente) são 100% explicadas pela variação dos xx (variáveis independentes), sem desvios em torno da função estimada. Por sua vez, quando R-quadrado é igual a zero, pode-se dizer que as variações de y são exclusivamente aleatórias e as variáveis xx não afetam as variações de y .

2 Metodologia

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados dados obtidos de trabalhos domiciliares da disciplina TT057 Transporte Público, do Curso de Engenharia Civil, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Foram utilizadas informações sobre a frequência dos modais automóvel, ônibus, motocicleta, bicicleta e (ônibus) biarticulado, por hora, no horário pico manhã (dados de corte transversal), em cinco corredores estruturais de transporte de Curitiba (Leste, Oeste, Sul, Norte e Boqueirão), divididos em vias lenta, rápida e canaleta de ônibus. Apenas nos casos dos corredores Leste e Boqueirão foi desconsiderada a separação em vias lenta e rápida e considerou-se a via adjacente à canaleta, já que o sistema conhecido como “trinário”⁴ não está bem definido nesta região. Ressalta-se aqui, além da utilização de dados de corte transversal, outra restrição da pesquisa, decorrente dos poucos dados disponíveis sobre mais pontos da cidade. A Tabela 1 ilustra a planilha de dados de frequência.

Tabela 1 – Modelo de planilha de dados de frequência dos modais.

Corredor	Pico	Frequência (veículos/hora)									
		Canaleta			Lenta			Rápida			
		Biarticulado	Bicicleta	Automóvel	Ônibus	Moto	Bicicleta	Automóvel	Ônibus	Moto	Bicicleta
Oeste	7:15 - 8:14	13	1	112	43	10	2	2.489	24	171	0
Norte	7:15 - 8:14	26	38	689	0	38	0	2.197	133	146	0
Sul	7:15 - 8:14	51	99	734	0	74	9	3.583	53	228	1
Boqueirão	7:30 - 8:29	23		858	1						
Leste	7:15 - 8:14	28		1.487	28						

Fonte: [7].

⁴ O Sistema Trinário de Vias compreende via central, “canaleta central exclusiva para a circulação das linhas expressas (transporte de massa) e duas vias lentas para acesso às atividades lindeiras. A via exclusiva confere ganhos significativos para a velocidade operacional das linhas expressas”, e vias estruturais, “duas vias paralelas à via central com sentido único, situadas a uma quadra de distância do eixo, destinadas às ligações centro-bairro e bairro-centro, para a circulação dos veículos privados.”. [6].



Esta pesquisa se baseou também na taxa de ocupação média em cada um dos modais estudados, ilustrada na Tabela 2. Essa taxa, para ônibus biarticulados, foi obtida por meio de observação visual em cada modal e corredor viário na hora pico manhã, sendo então somado para cada corredor viário o número de passageiros em cada biarticulado dividido pelo número de veículos biarticulados. As taxas de automóvel, ônibus, moto e bicicleta foram determinadas de forma análoga a taxa de biarticulados, mas por meio de amostragem, ou seja, não foram considerados todos os modais na hora pico manhã, então foi realizada uma expansão da amostra observada e média dos cinco pontos com valores aproximados.

Tabela 2 – Modelo de planilhas de taxa de ocupação média dos modais.

Taxa média de ocupação (passageiros/veículo)		
Biarticulado	Oeste	192,3
	Norte	177,3
	Sul	180,8
	Boqueirão	163,5
	Leste	175,0
Ônibus (genérico)		60,0
Automóvel		1,5
Moto		1,0
Bicicleta		1,0

Fonte: [7].

Dessa forma, multiplicando-se o número de carros pela taxa de ocupação média foi possível calcular o total de passageiros em cada modal, nos diferentes corredores viários. Por fim, por meio da soma desses números, foi determinado o total de frequências de passageiros por hora, em cada corredor, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Modelo de planilha contendo total de passageiros por modal.

Ônibus	Total por modo (passageiros/hora)			Total do corredor (passageiros/hora)
	Automóvel	Moto	Bicicleta	
6.520	3.902	181	3	10.605
12.590	4.329	184	38	17.141
12.401	6.476	302	109	19.287
3.820	1.287			5.107
6.580	2.231			8.811

Fonte: [7].

A partir dos dados organizados em planilha eletrônica, foi aplicada a regressão múltipla na própria planilha. Para isso, foram construídas duas novas tabelas: uma com os valores originais e outra com esses valores em escala logarítmica. Nessas tabelas, constavam apenas a frequência de cada modal

e o total em cada corredor para o ônibus biarticulado, ônibus e automóveis, já que se optou por não considerar motocicleta e bicicleta, por suas taxas médias de ocupação serem unitárias.

Por meio da aplicação de regressão múltipla foi possível especificar uma equação linear, relacionando, como variáveis independentes, as frequências de veículos de cada modal por hora com a variável dependente, volume total de viagens, em passageiro por hora. Também foi realizada uma regressão múltipla logarítmica para se obter uma equação não linear.

3 Resultados

Utilizando-se dos dados presentes nas Tabelas 1 e 3 e aplicando-se a ferramenta regressão múltipla foi possível construir dois modelos estatísticos, um linear e outro não linear, que representam a função produção das viagens considerando os cinco corredores estruturais de transporte de Curitiba. Isso permitiu demonstrar como a variável produção de viagens varia à medida que o fator de produção de cada modal muda. Esse modelo considera para análise apenas o insumo capital de automóvel, biarticulado e ônibus. Dessa forma, a função produção, em sua forma genérica, seria como a Equação (5), na qual Y representa o volume total de viagens, em passageiros por hora, e $X_{\text{automóvel}}$, $X_{\text{biarticulado}}$ e $X_{\text{ônibus}}$, o número de viagens por hora com automóvel, biarticulado e ônibus, respectivamente.

$$Y = f(X_{\text{automóvel}}, X_{\text{biarticulado}}, X_{\text{ônibus}}) \quad (5)$$

Para se chegar a um modelo mais preciso, foi necessária a comparação entre os resultados das regressões múltipla linear e logarítmica. Para isso, analisou-se o valor de R-quadrado obtido nos dois modelos, concluindo-se que o modelo com valor de R-quadrado mais próximo de um e, portanto, que representaria de forma mais precisa o fenômeno estudado, seria o resultado da regressão múltipla linear. Nesse contexto, nesta pesquisa não foi feita análise elaborada sobre o modelo e resultados da regressão logarítmica. Vale ressaltar que o valor de R-quadrado obtido é bastante elevado, aproximadamente 0,999.

Observando o resultado da regressão linear e aproximando os valores, pode-se obter a Equação (6), que representa a função produção linear das viagens nos cinco corredores estudados.

$$Y = 182,8 + 166,9 X_{\text{biarticulado}} + 58,7 X_{\text{ônibus}} + 1,72 X_{\text{automóvel}} \quad (6)$$

Após construção da equação partiu-se para a análise da produtividade marginal do modelo obtido. Considerando o produto marginal do fator de produção capital de cada modal como a derivada parcial da função produção em relação a esse fator, graficamente ele seria a inclinação da reta da função linear. Então, com a condição de que se mantenham constantes os demais fatores, caso a caso, a produtividade marginal de cada modal corresponderia ao coeficiente de cada uma das variá-

veis independentes na equação obtida. Assim, a produtividade marginal, em passageiro(s) por hora, do automóvel seria aproximadamente 1,72; do ônibus seria 58,7 e do biarticulado seria 166,9.

Tomando-se estes coeficientes como uma taxa média de ocupação de cada modal, e tendo por base os dados disponibilizados por [8] e por [9] de consumo de combustível, e do padrão de conversão de combustível em energia adotado por [10], pode-se estimar a quantidade de energia consumida para transportar um passageiro por quilômetro para cada modal estudado. A Tabela 4 apresenta o consumo estimado de energia em MJ/passageiro/km de automóvel, biarticulado e ônibus convencional.

Tabela 4 – Consumo energético por passageiro/km por modo – Corredor Sul – Curitiba.

Modo	Automóvel	Biarticulado	Ônibus convencional
Consumo Energético (MJ/passageiro/km)	1,88	0,19	0,42

Fonte: Elaborado pela autora.

Esses dados são úteis para comparar os níveis de eficiência energética entre os modais, que se mostram consideravelmente discrepantes. O automóvel utiliza mais de quatro vezes a quantidade de energia por passageiro/km utilizada pelo ônibus convencional e quase dez vezes a utilizada pelo ônibus biarticulado. Caso o passageiro do automóvel fosse para o modo biarticulado, a economia de energia seria de 1,69 MJ/passageiro/km, ou seja, uma redução de 90% do gasto energético do automóvel. Também vale ressaltar que a eficiência energética do biarticulado é aproximadamente o dobro da do ônibus convencional.

4 Conclusões

A partir da pesquisa desenvolvida constata-se que a utilização da regressão linear permitiu obter um modelo estatístico capaz de representar o comportamento do uso de modais de transporte nas cinco regiões de Curitiba estudadas, em termos de passageiros transportados por hora. Entretanto, para que esse modelo seja mais preciso são necessárias informações de mais pontos da cidade.

Foi possível também perceber, analisando-se os resultados dessa pesquisa e comparando-os com o estudo da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) (2014)⁵ disponibilizado por [3], que há uma diferença nos resultados em termos de consumo energético. Para o caso dos corredores estruturais de Curitiba, com a troca do modal individual para o transporte coletivo reduziu-se em mais de quatro vezes o consumo de energia e, para o caso do transporte coletivo biarticulado, em quase dez vezes. Também há uma diferença comparando com os resultados de [3], sendo a redução

⁵ ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **Sistema de informações da mobilidade urbana**: relatório geral 2012. São Paulo: ANTP, 2014. Disponível em: <http://antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.

energética resultante da mudança de automóvel para carro para este autor de 1,64 MJ/passageiro/km, enquanto nos dados obtidos nessa pesquisa foi de 1,69 MJ/passageiro/km.

Assim, percebe-se que sistemas estruturados de transporte coletivo, como o de Curitiba, permitem um ganho significativamente maior de eficiência energética em relação ao transporte individual. Por fim, os resultados da pesquisa apontam para a necessidade de políticas públicas de transporte urbano focadas no incentivo ao uso de transporte coletivo, ressaltando também a maior eficiência dos ônibus com mais capacidade, como o biarticulado, em relação ao ônibus convencional.

Referências

- [1] LIMA, M. F. **Externalidades do transporte e a mobilidade urbana do Distrito Federal**. 75 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas). Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- [2] SENNA, L. A. dos S. **Economia e planejamento dos transportes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- [3] SILVA, L. V.; RECK, G. **Eficiência energética e divisão modal no transporte urbano**. S.d. Disponível em: <files.server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2015/06/15/C7D79AB7-8A43-4535-9E4B60B23C4672C1.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- [4] DOLL, J. P.; ORAZEM, F. **Teoria da produção**. Traduzido e adaptado, por J. C. S. M. dos Santos, de Production economics: theory with applications. New York: John Wiley & Sons, 1984. Ponte de Lima: Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, 2006.
- [5] OLIVEIRA FILHO, M. L. A utilização da regressão linear como ferramenta estratégica para a projeção dos custos produção. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS. **Anais...** São Paulo, 13 a 15 de outubro de 2002. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/2762/2762>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- [6] URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A. (URBS). **Sistema trinário de vias**. Disponível em: <https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte/19>. Acesso em: 29 nov. 2017.
- [7] SCHEREMETA, F. H. P. **Análise da eficiência energética de veículos de transporte urbano**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2017. Relatório de Iniciação Científica.
- [8] URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A. (URBS). **Metodologia tarifária do Sistema Integrado de Transporte da Grande Curitiba**. Curitiba: URBS, 2009. Disponível em: <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/PORTAL/rit/arquivosPDF/resumo_metodo_2009_site.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- [9] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (Inmetro). **Tabelas de consumo / eficiência energética**. 2014. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2014.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- [10] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy statistics manual**. Paris: IEA, 2005. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/energy-statistics_manual.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.



ESTUDO DO IMPACTO NO TRÂNSITO EM DOIS TRECHOS DA VIA RÁPIDA DO EIXO ESTRUTURAL DE CURITIBA PELA IMPLANTAÇÃO DE FAIXAS EXCLUSIVAS UTILIZANDO SIMULADORES DE TRÁFEGO

M. A. P. Bernardinis¹; T. A. Pianezzer²; G. L. Monich³

¹ Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Departamento de Transportes, bloco V, Jd. das Américas

² Pós-Graduando da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Trindade, Departamento de Gestão Territorial e Engenharia de Transportes

³ Graduada pela Universidade Federal do Paraná no curso de Engenharia Civil, Centro Politécnico, Jd. das Américas

profmarcia.map@gmail.com¹, tiago.pianezzer@gmail.com², gabrielamonich@gmail.com³

Resumo: Esse artigo visa discutir a faixa exclusiva de ônibus como uma solução para o problema do trânsito e a utilização de *softwares* de tráfego para análises dela. Com uma coleta de dados de tráfego na cidade de Curitiba e com a utilização do *software* Vissim, observa-se a atual situação do trânsito da cidade e simula-se um cenário com essas faixas exclusivas em uma de suas vias. Foi comparado o número de veículos que transitou nessas vias e o nível de serviço dos cruzamentos antes e depois da simulação e observou-se uma retenção de veículos particulares de até 7,94% e uma piora nos níveis de serviço dos cruzamentos. Também foi possível concluir com o *software* que uma alternativa de melhora voltada para o trânsito de veículos coletivo não é necessariamente benéfica para esses veículos e que os *softwares* de tráfego são ferramentas essenciais para chegar à essas conclusões.

Palavras-chave: Transporte público, Faixa exclusiva, Simulador de tráfego.

Abstract: This article aims to discuss the exclusive bus route as a solution to the traffic problem and the use of traffic software for its analysis. With a data collection of traffic in the city of Curitiba and using the software Vissim, we observe the current situation of city traffic and simulate a scenario with these exclusive lanes in one of its tracks. The number of vehicles transported in these routes and the service level of the crossings before and after the simulation were compared and a private vehicles retention of up to 7.94% and a decrease in service levels of the crossings were observed. It has also been possible to conclude from the software that an alternative to collective vehicle traffic improvement is not necessarily beneficial to these vehicles and that traffic software is an essential tool to reach these conclusions.

Keywords: Public transport, Exclusive lane, Traffic simulator.

1 Introdução

A situação atual do tráfego não permite que se coloquem mais carros em circulação nas vias urbanas do país, visto que as cidades não tem mais para onde expandir suas malhas viárias para acomodá-los. Além do que, devido aos diversos problemas ambientais que as cidades enfrentam atualmente, é necessária uma redução no incentivo do uso de modais de transporte individuais. Assim, os benefícios da incorporação de uma mobilidade urbana sustentável vão além da área ambiental, proporcionando melhoria também nas áreas social, econômica e da saúde. De acordo com o [1], o desenvolvimento de uma mobilidade urbana sustentável melhora a qualidade de vida através da criação de espaços públicos mais atrativos, melhorando assim a segurança viária e diminuição da poluição sonora e do ar.

Junto disso, nota-se a necessidade da troca de uma cultura voltada a veículos individuais para uma mobilidade pensada de forma mais sustentável. Atualmente até já são notados movimentos sociais em prol de novas formas de mobilidade. Entretanto, vale ressaltar que intervenções nesse setor podem causar mais prejuízos do que trazer benefícios aos seus moradores caso as mesmas sejam feitas de maneira não planejada.

Sendo assim, faz-se uso de estudos e técnicas de engenharia de tráfego e uso de simuladores de tráfego que permitem estimar de que forma tais modificações influenciariam na região estudada, proporcionando assim, de forma direta, um incentivo à utilização do modal de veículos coletivos.

Objetiva-se então com este artigo mostrar o impacto da implantação dessas faixas exclusivas de ônibus em um estudo de caso da cidade de Curitiba, bem como mostrar a importância e vantagens em utilizar *softwares* de simulação de tráfego antes de efetivar alguma mudança no sistema viário, como é o caso desta pesquisa.

A literatura especializada traz alguns artifícios para otimizar o transporte coletivo de passageiros:

- Integração do transporte urbano com o objetivo de incentivar a utilização do mesmo nas cidades. Segundo [2], a forma mais clássica de integração é a baseada no conceito de um sistema tronco-alimentado. A outra forma de integração é a tarifária que, segundo [3], possibilita o aumento da acessibilidade às diferentes áreas da cidade atendidas pela rede de transporte, além de também criar uma maior liberdade de movimentação que permite que os próprios usuários racionalizem seus trajetos.
- Redução no tempo de parada de veículos. Conforme [4], o tempo ocioso despendido pelos veículos, considerando embarque e desembarque de passageiros, pode chegar a ordem de 50% dependendo do horário de pico analisado. A redução desse valor pode ser obtida com a utilização de faixas adicionais para ultrapassagem de veículos, a realização do embarque

e desembarque no nível dos ônibus, a cobrança externa aos veículos ou a adoção de bilhetagem automática [2].

- Prioridade semafórica para o transporte coletivo. Outro redutor de velocidade dos ônibus é o tempo perdido em semáforos fechados que pode ser reduzido através de um correto dimensionamento dos cruzamentos. A prioridade pode ser diferenciada de duas formas: a forma convencional (conforme o horário e os dias da semana) e a forma automatizada (utilização de sensores nos cruzamentos que monitoram o tráfego).

Com o crescimento das cidades, as técnicas de Engenharia de Tráfego tornaram-se necessárias para melhorar a fluidez dos centros urbanos. Tem como finalidade, de acordo com o [5], permitir a segurança e eficiência para as vias através da ordenação dos movimentos, notificação das leis ou ainda provendo alertas e orientações necessárias para uma boa operação dos elementos do tráfego. Tem-se como exemplo os controles de cruzamento, controle de velocidades ou determinação do uso das vias.

Para uma melhor aplicação dessas técnicas é necessário que se conheça as características e dados de cada situação estudada, obtidos com Estudos de Tráfego. [6] afirma que eles são os principais instrumentos utilizados por essa área da engenharia para atender as suas demandas, permitindo que se entenda a realidade e as projeções de tráfego da mobilidade de uma cidade. A melhor forma de se obter esses dados é através de pesquisas de tráfego, chamadas de Pesquisa de Contagem Volumétrica.

Sobre os simuladores, [7] os diferencia em 3 escalas de trabalho: microscópica, macroscópica e a mesoscópica. No mercado existe uma gama de *softwares* com suas diversas opções e objetivos, sendo que dois deles têm um maior destaque na área de transportes:

- AIMSUN. *Software* desenvolvido pela empresa TSS (Transport Simulation System) e utilizado para análises em nível microscópicas, porém também possui aplicação em nível mesoscópico. A empresa exemplifica alguns usos: otimização da prioridade de semaforização, linhas de BRT, viabilidade de faixas de tráfego, entre outros.
- PTV Vissim e PTV Visum. São dois *softwares* de simulação pertencentes ao grupo PTV Group. O *software* Visum é voltado para modelagem de transportes nas escalas macroscópica e mesoscópica, já o *software* Vissim é voltado para a simulação na escala microscópica. O Vissim pode ser utilizado para o desenvolvimento do planejamento de transportes, análise de capacidade, simulação de transporte público, entre outros.

2 Metodologia

2.1 Definição do trecho a ser analisado

A cidade utilizada no artigo é Curitiba e é importante analisar o sistema viário dela para determinação da via a ser estudada. Curitiba possui desde a década de 60 o seu desenvolvimento orientado pelo Uso do Solo e Sistema Viário. Para a implantação dos eixos estruturais e para a hierarquização das vias foi utilizado o Sistema Trinário que, conforme [8], é composto por uma via exclusiva central destinada ao transporte coletivo, duas vias de tráfego lento adjacentes à via exclusiva, e duas vias externas distantes uma quadra da via exclusiva, chamadas de tráfego rápido.

Atualmente, Curitiba conta com 5 eixos estruturais de transporte: norte, sul, leste, oeste e boqueirão. Como o enfoque do trabalho é o transporte coletivo de passageiros, foi identificada a via rápida do eixo estrutural que terá a maior quantidade de passageiros. Na Tabela 1, pode-se observar o número de linhas e de passageiros que transitam em cada um dos eixos de acordo com [9]. Atenta-se para o fato de que o eixo leste não possui as vias rápidas externas, sendo assim não foi considerado no artigo. Com essa mesma tabela é possível identificar que o eixo a ser considerado é o sul.

Tabela 1 – Número de linhas de ônibus e volume de passageiros que transitam em cada eixo.

Eixo	Número de linhas de ônibus		Número de passageiros	
	Centro-Bairro	Bairro-Centro	Centro-Bairro	Bairro-Centro
Boqueirão	4	6	8.655	60.189
Oeste	19	14	116.115	137.843
Norte	7	13	90.291	88.174
Sul	34	48	137.594	174.494

Com o objetivo de analisar somente o trecho crítico do eixo escolhido, é possível dividir o eixo em trechos conforme as linhas que passam em cada um deles nos dois sentidos, para assim determinar a quantidade de passageiros que transitam em cada trecho. No sentido centro – bairro o trecho crítico se localiza entre as ruas Itatiaia e Pedro Zagonel e no outro sentido o trecho mais carregado se localiza entre a Rua André João Gasparin e a Travessa Augusto Marach.

2.2 Pesquisas de campo

A contagem de veículos realizada é do tipo classificatória e direcional com o objetivo de identificar a quantidade de cada tipo de veículos que transitam na via e o movimento que cada um deles realiza nos cruzamentos. Conforme dados oficiais da [10] sobre contagem volumétrica de veículos obtidos com a fiscalização eletrônica, é determinado o horário pico de cada sentido do eixo estrutural



estudado. Assim, as pesquisas de tráfego no sentido bairro – centro devem ser realizadas às 07 horas da manhã e no sentido centro – bairro devem ser realizadas entre 17 e 19 horas.

Além do horário, é necessário determinar os cruzamentos em que serão realizadas as contagens. No sentido bairro – centro, foram considerados os dois cruzamentos do trecho crítico mais dois (antes e depois do trecho crítico) para melhorar a qualidade da simulação. Já no sentido centro – bairro, o trecho crítico conta com 5 interseções semaforizadas sendo as mesmas utilizadas para a contagem dos veículos.

2.3 Simulação no *software* Vissim

Com os dados obtidos nas pesquisas de contagem de volume de tráfego é possível simular a realidade do tráfego nas intersecções estudadas. Para tal estudo será utilizado o *software* Vissim oferecido para ser usado em conjunto com a Prefeitura Municipal de Curitiba.

Na simulação é necessária a configuração da base em que acontece a situação estudada, tais como as vias de tráfego, as conexões, as áreas de conflito de veículos e a sinalização semafórica da região. Além disso são necessários alguns dados de entrada relacionados a veículos, como, por exemplo, a quantidade de veículos que acessam a área de influência de estudo e os movimentos realizados pelos mesmos dentro dessa área. Com a base do sistema e os dados de entrada configurados, deve ser realizada a calibragem do mesmo através de parâmetros de calibragem fornecidos pela literatura, a depender do método utilizado.

Após a determinação de que o modelo está calibrado são realizadas todas as mudanças que se deseja estudar, no caso em questão a adição de uma faixa exclusiva de ônibus em ambos os sentidos da via rápida do eixo estrutural. Para realizar a simulação em seguida, é indicado que sejam realizadas 15 simulações em sequência para se obterem resultados confiáveis da simulação. Após essa rodada de simulações é possível obter os resultados com as modificações e realizar as análises pertinentes a tal estudo.

3 Resultados

Os primeiros resultados obtidos foram os fluxos de tráfego originados das pesquisas de contagem volumétrica classificatória e direcional, nos dois sentidos estudados. O simulador precisa que todos os veículos que entrem no sistema saiam dele e para isso foi necessário que se realizasse um balanceamento de todos os dados, sendo os mesmos representados na Figura 1, na qual o lado esquerdo é o sentido bairro-centro e o lado direito representa o sentido centro-bairro.

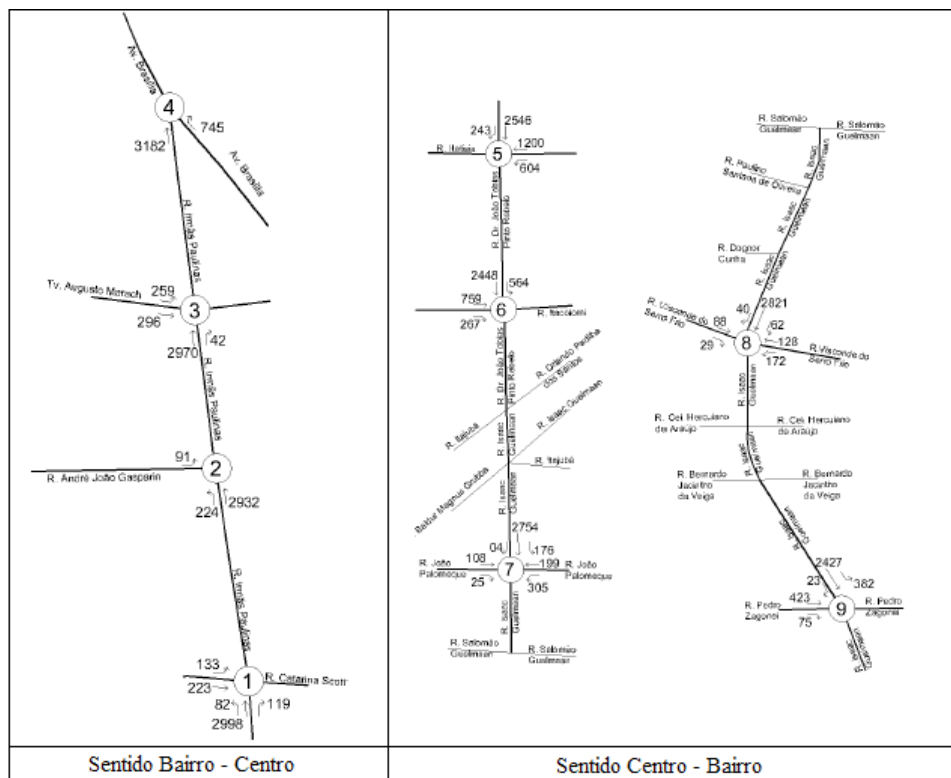


Figura 1 – Fluxograma de tráfego nos dois sentidos estudados.

Com os fluxogramas balanceados, é possível construir o modelo de tráfego e calibrá-lo de acordo com a realidade. Após isso, é possível simular a situação com faixa exclusiva desejada e obter os resultados que aconteceriam na prática após a implantação da faixa. Com os volumes de veículos da situação com faixa exclusiva e com os veículos da situação atual é possível fazer um comparativo entre os dois cenários.

Na Tabela 2, referente ao sentido bairro – centro, é possível observar a diferença percentual entre os movimentos de veículos particulares e de ônibus entre o cenário atual e o estudado. Nota-se que as percentagens negativas representam a diferença percentual de veículos retidos em cada cruzamento no novo cenário e as percentagens positivas representam que mais veículos conseguiram realizar tal movimento. Nota-se na mesma tabela que, com os resultados da simulação, até 7,94% de veículos particulares ficam retidos em cada cruzamento para realizar o movimento principal quando da existência de faixa exclusiva de ônibus. Também observa-se que os ônibus não sentiram efeito nenhum com a implantação da faixa, sendo nula a diferença percentual entre os dois cenários.

Tabela 2 – diferença percentual entre os movimentos nos dois cenários no sentido bairro-centro.

Cruzamento	Movimento	Veículos particulares	Ônibus
1	1	-7,94%	0%
	2	-7,63%	-
	3	-4,84%	0%
	4	0,00%	0%
	6	0,00%	-
2	1	-7,87%	0%
	3	-5,31%	0%
	6	0,00%	0%
3	1	-7,50%	0%
	2	2,44%	-
	4	0,00%	-
	6	0,00%	-

O simulador Vissim pode fornecer também os níveis de serviço de cada cruzamento. Na Tabela 3 é possível observar essa informação em cada cruzamento, tanto na situação atual como na estudada. Consegue-se observar também que a faixa exclusiva de ônibus não impactou de forma significativa os níveis de serviço, mesmo com a retenção de veículos observada anteriormente.

Tabela 3 – Níveis de serviço de cada cruzamento nos dois cenários no sentido bairro-centro.

Cruzamento	Sem faixa exclusiva	Com faixa exclusiva
1	B	C
2	A	A
3	B	B

Da mesma forma que foi realizado com o sentido bairro – centro, é possível realizar algumas comparações entre a situação sem a faixa exclusiva e a situação simulada com a faixa exclusiva no outro sentido. Na Tabela 4 tem-se a diferença percentual entre os movimentos nos dois cenários simulados no *software* Vissim. É possível observar que a retenção de veículos particulares nesses cruzamentos ainda é significativo para o movimento principal 1 de seguir em frente e para o movimento 2 de conversão à direita. Um exemplo crítico é o movimento 2 do cruzamento 7 em que quase todos os veículos ficaram retidos. Também é interessante notar que a faixa exclusiva de ônibus foi prejudicial para os próprios ônibus, tendo como exemplo o movimento 2 no cruzamento 5 que ficou inexistente.

Tabela 4 – Diferença percentual entre os movimentos dos dois cenários no sentido centro-bairro.

Cruzamento	Movimento	Veículos particulares	Ônibus
5	1	-2%	-
	2	-2%	-100%
	4	-2%	-
	6	-2%	-3%
6	1	-1%	-3%
	3	-2%	-
	4	3%	-
	5	6%	-
7	1	0%	-3%
	2	-97%	-
	3	-2%	-
	4	1%	-
	6	0%	-
	7	0%	-
8	8	0%	-
	1	-1%	-3%
	2	0%	-
	3	3%	-
	4	0%	-
	6	0%	-
9	7	0%	-
	8	0%	-
	1	0%	0%
	2	-60%	-
	3	-1%	0%
	7	0%	-
	8	0%	-

Na Tabela 5, pode-se observar os níveis de serviço obtidos com o *software* Vissim para os dois cenários no sentido em questão. Nesse caso, observa-se uma diferença entre os níveis de serviço em dois cruzamentos do cenário estudado, a qual está de acordo com o observado na Tabela 4 em que, na simulação da faixa exclusiva, foram observados carros que ficaram retidos nesses cruzamentos.



Tabela 5 – Níveis de serviço de cada cruzamento nos dois cenários no sentido centro-bairro.

Cruzamento	Sem faixa exclusiva	Com faixa exclusiva
5	C	C
6	B	C
7	B	C
8	B	B
9	A	A

4 Conclusões

Com uma correta coleta de dados, modelagem da situação e simulação desejada é possível simular as opções previstas em projeto antes de serem executadas na realidade, evitando mudanças desnecessárias no sistema viário. Além disso, no que tange recursos necessários aos projetos de mobilidade, tem-se um melhor uso de recursos financeiros e humanos para os mesmos. Sendo assim, notam-se os simuladores como uma importante ferramenta de suporte a decisões de modificações significativas no meio urbano.

A coleta de dados em campo para este estudo foi necessária para observar que a capacidade da via rápida de Curitiba já está de certa forma saturada, vendo a necessidade de se pensar em uma mobilidade mais sustentável, através do transporte a pé, por bicicletas ou por veículos coletivos.

Como foi observado nas análises, não podem ser constatadas melhoras com a aplicação das faixas exclusivas nos dois sentidos no que se refere a número de veículos e/ou níveis de serviços dos cruzamentos. Isso ocorreu no sentido bairro – centro devido ao atual nível de serviço que não prejudica de certa forma os veículos coletivos e também devido a alocação do trânsito de veículos particulares de 4 faixas para 3. Já no sentido centro – bairro, porém, tem-se um nível de serviço mais crítico, o que já seria suficiente para influenciar positivamente o transporte coletivo e negativamente os veículos particulares. Tem-se como contradição que com a alocação integral dos veículos coletivos na faixa exclusiva gerou-se um congestionamento na própria faixa retendo alguns veículos que poderiam completar o movimento.

Ressalta-se que os resultados apresentados estão diretamente ligados a metodologia escolhida, que visou analisar os trechos com a maior quantidade de usuários do transporte coletivo. A realização de uma análise com outra metodologia poderia indicar a existência de alguns trechos mais críticos dependendo do parâmetro de comparação. Alguma outra metodologia também poderia indicar a necessidade da faixa exclusiva fragmentada em determinados trechos, ou somente uma que funcione em horários críticos.

Referências

- [1] SUMP GUIDELINES. **Developing and implementing a sustainable urban mobility plan**. European Union, 2013.
- [2] SEDU/PR, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República. **Relatório de Prioridade para o Transporte Coletivo Urbano**. 2002. Disponível em: <<http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/09PrioridadeTransporteColetivoUrbano.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2016.
- [3] CADAVAL, M. Desafios da integração tarifária. **Cadernos Técnicos ANTP**, São Paulo, SP, p. 99-107, 1 fev. 2007.
- [4] CNT, COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Pesquisa CNT: Passageiros. Corredores de Transporte. Avaliação dos corredores de Transporte por ônibus no Brasil**. Brasília, CNT, maio 2002.
- [5] U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Manual on uniform traffic control devices**. Estados Unidos, 2003
- [6] DNIT/IPR. **Manual de Estudos de Tráfego**. Publicação 723 IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 384 p. Rio de Janeiro/RJ. 2006.
- [7] BOGO, Rudinei Luiz; GRAMANI, Liliana Madalena; KAVISKI, Eloy. Modeling the flow of vehicles by the macroscopic theory. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v.37, n. 1, 1301, mar. 2015.
- [8] IPPUC. **História do planejamento urbano de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2016.
- [9] URBS. **Estatístico de transporte coletivo de Curitiba**. Curitiba/PR. 2016.
- [10] SETRAN, Secretária de Trânsito. **Fiscalização eletrônica**. 2016. Disponível em: <<http://www.setran.curitiba.pr.gov.br/servicos/fiscalizacao-eletronica>>. Acesso em: 8 ago. 2016.



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE SISTEMAS BIM PARA ESTUDO DE UM TRAÇADO RODOVIÁRIO

A. C. Gosch¹; C. C. Luz²; S. Scheer³

^{1,2} Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210, Jd. das Américas, Curitiba/PR

³ Departamento de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210
Jd. das Américas, Curitiba/PR

*alecgosch@gmail.com*¹, *crisccluz@hotmail.com*², *sergioscheer@gmail.com*³

Resumo: Este trabalho faz uma análise da utilização de ferramentas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) na determinação de alternativas locais de um traçado rodoviário, com o objetivo de avaliar a potencial utilização de processo BIM em anteprojetos de infraestrutura. Como procedimento metodológico adotou-se primeiramente a realização de uma pesquisa sobre os sistemas existentes com características de modelagem paramétrica tridimensional e ferramentas de otimização de traçado buscando similaridades e diferenças em sua utilização. Um experimento de alternativa locacional foi realizado a partir de uma modelagem no *software* Infracore 360 da Autodesk, de modo a criar um traçado para comparação com alinhamento obtido pelo *software* de determinação de corredores Quantm da Trimble e com um traçado criado através do sistema tradicional, sem o uso de processo BIM. A fim de se mensurar a adequação de cada sistema para uso em estudos locais de uma maneira objetiva, foi utilizada como ferramenta de apoio à decisão uma Análise Hierárquica de Processo (AHP). Como resultado, o traçado no Quantm apresentou resultados numericamente superiores, dentro dos parâmetros matriciais utilizados para auxílio na decisão, seguido pelo traçado criado por processo de projeto tradicional, enquanto o traçado otimizado pelo Infracore apresentou a menor adequação aos parâmetros estudados, dentro dos pesos estipulados na matriz comparativa.

Palavras-chave: Modelagem de Informações da Construção (BIM), Autodesk Infracore 360, Trimble Quantm, traçado rodoviário.

Abstract: This research aims to analyze road alignment creation tools based on Building Information Modelling (BIM), to evaluate their potential of finding favorable road alignments. As a method, it was first adopted to conduct research on existing software with road optimization tools, seeking similarities and differences between them. An experiment was conducted by modeling a locational alternative in Autodesk's Infracore 360 software. A road alignment was created and compared to two other alignments, one created in Trimble's Quantm alignment planning software and one created without the use of BIM technology. In order to determine the suitability of each technology to use in road alignment planning in an objective way, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method was used as a decision support tool. As a result, the alignment generated by Quantm showed superior numerical characteristics within the matrix parameters used to aid the decision, followed by the alignment created by traditional design process, while the alignment optimized by Infracore presented the least adjustment to the studied parameters, within the stipulated weights in AHP.

Keywords: Building Information Modelling (BIM), Autodesk Infracore 360, Trimble Quantm, Road Alignment.

1 Introdução

O desenvolvimento da infraestrutura de transportes rodoviário é de essencial importância para a consolidação da recuperação da economia nacional, pois possibilita o escoamento da produção para os portos e distantes centros comerciais. Este desenvolvimento fundamenta-se, inicialmente, no investimento em elaboração de projetos, que dependem fortemente da escolha do traçado ideal das vias de ligação.

Parte essencial de um projeto rodoviário, o estudo de traçado de uma rodovia deve considerar parâmetros do terreno, ambientais, sociais e de qualidade da via, de modo a se definir a diretriz de acordo com limitações impostas nas normativas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), órgão responsável pela operação, manutenção, restauração, adequação de capacidade e construção de novas vias [1].

Para a escolha de um traçado é fundamental a delimitação dos locais convenientes para a passagem da rodovia, a partir da obtenção de informações básicas a respeito da geomorfologia da região e a caracterização geométrica desses locais [2]. Estudos de traçado tem por objetivo a escolha da diretriz que permita o lançamento do melhor traçado, o que resulte viável, técnica e economicamente, englobando etapas de reconhecimento e exploração da área de possível passagem da via [2]. O traçado é definido de acordo com as limitações dos meios físico, biológico e socioeconômico, procurando-se obter o menor impacto possível em cada uma dessas dimensões com maior qualidade técnica de projeto [3].

Segundo Dellatorre, o mercado de construção civil, nos últimos anos, o termo BIM - Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modelling* deixou de ser um modismo com poucos pioneiros para ser a tecnologia central do mercado de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) [4]. Esta Modelagem da Informação da Construção trata de um processo de criação de projetos por meio de sistemas de modelagem paramétrica tridimensional orientados a objetos [5].

Um estudo conduzido pela American Society of Civil Engineers (ASCE) em 2012, mostra que o uso de BIM na infraestrutura de transportes permite a criação de projetos mais coerentes, devido a utilização de bancos de dados integrados, que permite incorporar dados ambientais, de topografia, sociais e de custos detectando interferências e restrições na fase de projeto [6].

A integração com outros sistemas de criação é uma característica de sistemas BIM, a partir do uso de arquivos em formato neutro para intercâmbio, de modo a garantir o fluxo de entrada e saída de informações para complementação do ciclo de vida do empreendimento [5]. Para projetos de implantação e pavimentação de rodovias, a possibilidade de associação de sistemas BIM com sistemas de informações georreferenciadas permite a realização de análises integradas para a determinação de uma alternativa locacional adequada para cada caso individual [7].

O objetivo do presente estudo é efetuar uma análise da utilização de sistemas BIM na determinação de alternativa locacional de um futuro segmento rodoviário, de modo a avaliar a potencial utilização deste sistema em anteprojetos de infraestrutura. Para tanto, considerou-se os programas computacionais Autodesk Infracad 360 e Trimble Quantm como sistemas BIM passíveis de aplicação em projetos preliminares de infraestrutura, por otimizarem a modelagem paramétrica e permitirem a interoperabilidade de seus arquivos.

2 Método

Como unidade de análise para os objetivos desta pesquisa foi realizado um estudo de alternativa locacional, a partir de uma diretriz já projetada de ligação da rodovia PR-90 com a rodovia PR-151, no município de Castro/PR, apresentada em [8]. Considerou-se um projeto de rodovia com características de Classe IB, velocidade diretriz de 80 km/h e região ondulada [1].

O método adotado no presente trabalho consistiu na determinação de um traçado rodoviário através da ferramenta de otimização de traçados do *software* Infracad 360 para o mesmo trecho estudado em [8], ou seja, com a mesma proposta de localização de início e término. Esta alternativa locacional teve suas características comparadas com os dois traçados estudados em [9], sendo uma desenvolvida através do *software* Trimble Quantm e a outra pelo método tradicional de escolha de traçados, ou seja, sem a utilização de sistemas BIM. As principais características obtidas foram utilizadas como critério de comparação dos traçados pelo Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP) proposto por Saaty [9]. Um fluxograma do método adotado é apresentado na Fig. 1.

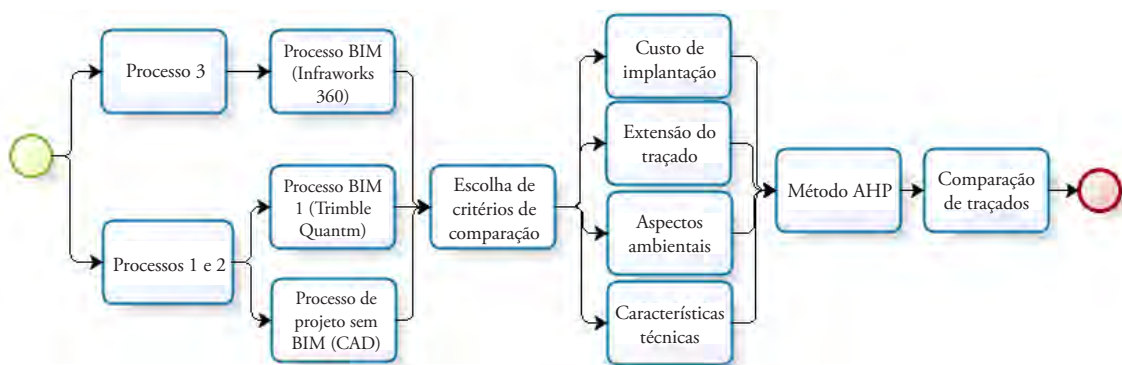


Figura 1 – Fluxograma do método adotado.

De acordo com Lee, os processos de reconhecimento integrantes da criação do traçado requerem informações relativas a classificação orográfica da região, uso do solo, áreas com restrições ambientais, acidentes geográficos, tipos de solos, ocorrências de materiais e cobertura vegetal. A etapa de exploração em um estudo de traçado requer levantamento detalhado da diretriz, visando a

obtenção de uma planta planialtimétrica da faixa de terreno que constitui essa diretriz com precisão topográfica [2].

Os *softwares* BIM estudados possuem bases de dados integradas a sistemas de informações geográficas, com fotografias de satélites, permitindo a realização de análises de reconhecimento diretamente na plataforma dos *softwares*. Na inexistência de outros dados de estudos relativos à geomorfologia da área em estudo, o reconhecimento foi realizado com base nos dados fornecidos pelo *software* Infracore 360 e por meio de inspeção local.

A etapa de exploração não foi aplicada neste estudo, que se restringiu à consideração das características socioeconômicas locais para determinação da classe da rodovia projetada, não sendo considerados estudos de demanda. Para a criação de modelos com precisão topográfica os traçados devem ser transferidos para *softwares* com maior capacidade de precisão para detalhamento, uma vez que as ferramentas aqui estudadas fornecem apenas a localização mais apropriada da diretriz da via, e não fomentam a criação de detalhamento de projetos, englobando, portanto, somente a etapa de reconhecimento do estudo de traçado de anteprojeto rodoviário.

A alternativa desenvolvida através do processo de projeto tradicional apresentado em [8] foi elaborada utilizando um sistema não integrado de informações, somente a partir de sistemas CAD. O traçado criado no *software* Trimble Quantm [8] analisou 385 alternativas, classificadas por etapas com relação aos seus parâmetros geométricos, custos, extensão e refinadas até a escolha do melhor traçado. O traçado criado no Infracore 360 foi modelado em três etapas, com parâmetros adicionados em cada etapa de modo a refinar o alinhamento encontrado. A delimitação da área territorial utilizada pelos processos no estudo das alternativas é ilustrada na Fig. 2.

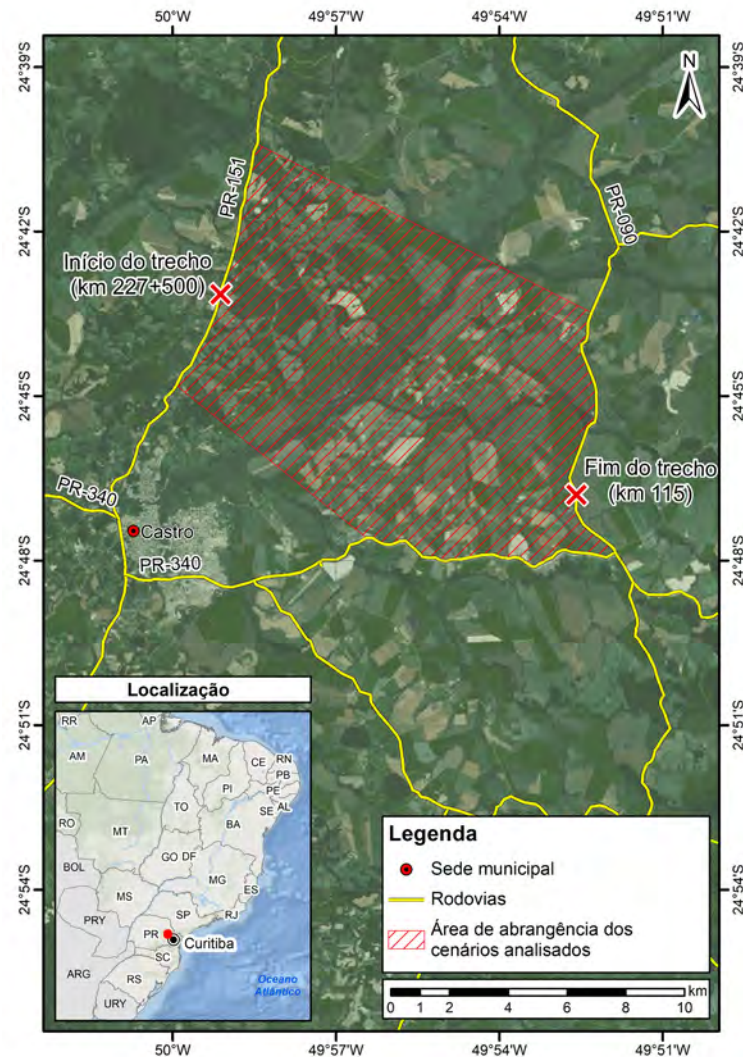


Figura 2 – Área estudada na modelagem de alternativas.

Ressalta-se, ainda, que o presente estudo não teve por objetivo a definição do melhor traçado para o trecho estudado, mas sim fomentar a análise dos possíveis benefícios e potencialidades da utilização de sistemas de tecnologia BIM para determinação de alternativas locais em projetos de infraestrutura rodoviária.

Para auxílio na tomada de decisão e comparação dos traçados, foi utilizada uma técnica de resolução de problemas com múltiplos critérios com o método AHP, exemplificado no trabalho de Abdi et al. como ferramenta de apoio à decisão em estudos de alternativas locais [10]. O método AHP foi aplicado neste estudo por meio do *software* PriEST, que sua validade de suas análises demonstrada por Siraj et al. [11].

O método AHP decompõe o problema em fatores, que podem ser divididos sucessivamente em novos fatores, de modo a simplificar o problema até um nível mensurável. Este método estabelece, a partir da construção de hierarquias, uma definição de prioridades e consistência lógica. As-

sim, os vetores de priorização são fixados visando a mais adequada ponderação dos pesos dos itens. Gera-se, então, uma matriz que apresenta um resultado hierárquico comparativo das alternativas estudadas, no qual cada uma recebe um peso de acordo com os parâmetros fixados [9]. A matriz de critérios utilizada nesta análise (Tabela 1) estruturou a tomada de decisão com base na importância dos critérios selecionados e ponderados, em função de sua relevância para o projeto. Um exemplo de utilização dos pesos aqui adotados é encontrado em [12], onde uma equipe técnica multidisciplinar determinou pesos para um estudo de traçados englobando três alternativas, com condições analisadas em termos de custos de implantação e características geométricas permitidas pelas condições de relevo.

Tabela 1 – Matriz de critérios AHP.

Prioridades	Custo de Implantação	Extensão	Aspectos Ambientais	Operacional/Características técnicas
Custo Implantação	1	3	1	1
Extensão	0,33	1	0,33	0,33
Aspectos Ambientais	1	3	1	1,5
Operacional/Características técnicas	1	3	0,67	1

Um fator de restrição às análises realizadas refere-se aos dados passíveis de otimização no *software* Infracore, cuja entrada de dados restringe-se à velocidade diretriz, seção tipo de terraplenagem, raio mínimo de curvas horizontais, rampa máxima de perfil vertical, áreas de restrição de custos e alturas de pontes ou túneis, reduzindo, assim, as possibilidades de análises. Por este motivo, as comparações aqui realizadas se aplicam somente a explorar as potencialidades de sistemas BIM com otimização de traçados em nível de anteprojeto, mantidas às ressalvas citadas.

Uma vez que os dados disponibilizados, referentes ao traçado definido pelo método tradicional, ou seja, sem a utilização de sistema BIM [8], não compreenderam uma série relevante de informações técnicas, uma comparação com tal traçado se tornou restritiva. Entretanto, esta comparação se justifica pela existência de um traçado base, definido sem vícios ou tendências, que representa a metodologia usual empregada em projetos de infraestrutura [6]. A Tabela 2 apresenta os dados avaliados e as características técnicas para cada processo de obtenção do traçado.



Tabela 2 – Valores de comparação de traçados.

	Processo Tradicional (CAD)	Trimble Quantm	Infraworks 360
Custo de implantação	R\$ 75.000.000,00	R\$ 69.000.000,00	R\$ 57.000.000,00
Extensão do traçado	15.385,00 m.	14.860,00 m.	16.709,00 m.
Aspectos ambientais (Áreas de Restrição)	0,8	1	0,5
Raio mínimo de curva horizontal	210 m.	700 m.	280,89 m.
Rampa vertical máxima de perfil vertical	4,50%	3,89%	6%

Foram comparados os custos de implantação e a extensão de cada traçado, de modo a avaliar a viabilidade financeira da execução, operação e manutenção de cada alternativa.

As restrições ambientais e áreas de uso especiais também foram consideradas como parâmetros de comparação. Uma vez que a avaliação e valoração deste fator requer análises complexas de dados ambientais e socioeconômicos dos quais não se tinha disponibilidade, fez-se necessária uma simplificação para criação da matriz de critérios. Considerou-se, portanto, que o traçado gerado no Trimble Quantm, por efetuar maiores quantidades de análises e de alternativas, foi capaz de preservar a totalidade das áreas de restrição. Com relação ao traçado criado pelo processo tradicional (CAD), adotou-se que um quinto das áreas foram afetadas em algum nível pelo traçado criado. Já quanto ao traçado criado no Infraworks, por não haver diferenciação no *software* entre o custo e as áreas de restrição ambiental, sendo ambas igualmente consideradas na otimização, adotou-se, de maneira conservadora, que metade das áreas ambientalmente sensíveis podem ser afetadas pelo traçado projetado. Reconhece-se que a adoção de tais parâmetros tem efeito significativo na análise, porém devido à importância do fator ambiental na determinação de um traçado, optou-se por manter a comparação mesmo com parâmetros estimados.

As características técnicas e operacionais dos traçados foram comparadas limitando-se aos valores de raio mínimo de curvas horizontais e a rampa máxima do perfil vertical, por serem os únicos parâmetros com informações disponíveis dos três traçados estudados.

Utilizando a matriz de critérios apresentada na Tabela 1 e atribuindo os valores apresentados na Tabela 2, multiplicou-se os parâmetros estabelecidos pelos respectivos pesos para as três alternativas em estudo. Por fim, na análise por AHP os traçados foram comparados em uma escala de 0 a 1, onde o atendimento completo de todos os requisitos em todos os fatores considerados pela análise resultaria em pontuação 1.

3 Resultados

Os resultados obtidos na análise AHP foram de 0,409 pontos para o traçado gerado no Quantm, 0,307 pontos para o traçado resultante do processo de projeto que não utilizou sistema BIM e 0,284 pontos para o traçado resultante da modelagem do Infracworks.

Transformando o resultado obtido para valores percentuais, em termos de adequação às características técnicas apontadas como ideais pelo DNIT [1] para rodovias de Classe IB, tem-se que o traçado gerado pelo Quantm se mostrou 12,5% superior ao traçado criado sem uso de sistemas BIM, que por sua vez foi superior em 2,3% quando comparado com o traçado obtido e otimizado no Infracworks.

Observou-se, também, que o traçado otimizado pelo Infracworks apresentou a menor adequação aos parâmetros estudados, dentro dos pesos estipulados na matriz comparativa. Entretanto, deve-se considerar que o *software* Infracworks não é unicamente aplicado para a criação de estudos de alternativas locais como o *software* Quantm, cuja finalidade é a criação de cenários preliminares de projeto.

Nota-se, ainda, que os resultados obtidos pela modelagem realizada no Infracworks se aproximaram dos resultados obtidos no processo de projeto tradicional (CAD), com apenas 2,3% de diferença. Diante de tal cenário, pode-se aferir que para análises preliminares, especialmente considerando custos de implantação em fase de anteprojeto, o *software* se demonstrou eficaz. Além disso, diferentemente do traçado criado em processo de projeto tradicional, o traçado gerado pelo Infracworks demandou curto intervalo de tempo para sua espacialização e um único operador, o que só foi possível devido ao uso de modelagem tridimensional paramétrica, descrita em sistema BIM.

Pela diferença de 12,5% entre os resultados dos traçados gerados com o Quantm e com o Infracworks, pode-se constatar que os parâmetros e otimizações utilizados por sistemas distintos produzem diferenças no resultado final do traçado. Na análise individual de cada parâmetro da matriz comparativa, verificou-se que o Infracworks gerou resultados significativos na otimização de traçados com enfoque na redução de custos, enquanto que o Quantm atingiu expressivos resultados na otimização das características técnicas e operacionais do traçado.

Neste sentido, ressalta-se que há diferença entre as ferramentas de otimização que se apresentam no mercado, sendo essencial a análise individual das necessidades principais de cada projeto para determinar o melhor método a ser empregado. Isso evidencia a necessidade de o projetista avaliar os métodos e as tecnologias empregadas para cada tipo de empreendimento.



4 Conclusões

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise da potencialidade de dois sistemas de modelagem paramétrica tridimensional distintos (Quantm e Infracworks), para o uso em estudo de alternativas locais de traçado rodoviário. A modelagem otimizada no *software* Infracworks e a análise multi-critério apontaram benefícios na utilização de processo BIM para o estudo de um traçado rodoviário.

O método multi-critério de auxílio à tomada de decisão adotado (AHP) apresenta dependência das características técnicas utilizadas como dados de entrada nas matrizes de comparação. O resultado obtido é válido, portanto, somente para a fase inicial de avaliação das alternativas locais, com relação aos parâmetros explorados.

Comparando-se os dois sistemas BIM estudados, pode-se concluir que existe variação no algoritmo otimizador de cada um. Para a unidade de análise adotada, a otimização no Infracworks obteve o melhor custo de implantação da rodovia, enquanto o Trimble Quantm gerou um traçado com características técnicas mais próximas dos ideais apontados pelo DNIT [1] para rodovias de Classe IB.

Em termos financeiros, operacionais (devidos à extensão do traçado), aspectos ambientais e características técnicas dos traçados gerados, os estudos elaborados a partir de sistemas de modelagem tridimensional paramétrica demonstraram superioridade, cada qual dentro de suas potencialidades, ao traçado gerado a partir de um sistema de projeto não integrado à bancos de dados de informações paramétricas. Por fim, consideradas as simplificações realizadas, os resultados obtidos apontaram benefícios na utilização dos dois sistemas BIM estudados (Infracworks e Trimble Quantm). Se faz necessário, entretanto, a realização de estudos mais abrangentes na área, a fim de determinar a possibilidade de utilização das ferramentas estudadas em estudos completos de traçado.

Referências

- [1] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários - Escopos básicos e instruções de serviço**. Ministério dos transportes, 2006.
- [2] LEE, Shu Han. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2009. 440 p.
- [3] STEINEMANN, Anne. **Improving alternatives for environmental impact assessment**. Environmental Impact Assessment Review, City Planning Program, Georgia Institute of Technology, USA 2001.
- [4] DELLATORRE, Joyce Paula Martin; SANTOS, Eduardo Toledo. **Introdução de novas tecnologias: o caso do BIM em empresa de construção civil**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, nov. 2014. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/32300086-Introducao-de-novas-tecnologias-o-caso-do-bim-em-empresas-de-construcao-civil.html>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- [5] EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2011. 648p.
- [6] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). **The Business Value of BIM for Infrastructure**. Bedford: Mcgraw-hill Construction Research & Analytics, 2012.

- [7] TRIMBLE. **Alignment Planning Solutions: Transforming the way the world works**. Disponível em: <<http://www.trimble.com/alignment/index.aspx>>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- [8] ENGEMAP GEOINFORMAÇÃO. **Estudo de Traçado: Castro-PR: Nota Técnica nº 01/2016**. Assis SP: Trimble, 2016. 48 p.
- [9] SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, p.83-98, 2008.
- [10] ABDI et al. A GIS-MCE based model for forest road planning. **Journal Of Forest Science**. Karaj, p. 171-176. abr. 2009.
- [11] SIRAJ, S.; MIKHAILOVC, L.; KEANED, J. A. **PriEsT**: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/itor.12054/full>>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- [12] AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Programa de Investimentos em Logística**: Ferrovias estudo de engenharia Trecho: Maracaju/MS – Lapa/P. Volume I – Relatório do Projeto. Brasília: Ministério dos Transportes, 2014.



DIAGNÓSTICO DA MORTALIDADE DE PEDESTRES NO BRASIL

G. P. Caldeira¹; B. P. S. Branco²; J. T. Bastos³

^{1,2,3}*Universidade Federal do Paraná, ²Observatório Nacional de Segurança Viária
gabrielcaldeiral@ufpr.br¹, beatriz.branco@onsv.org.br², jtbastos@ufpr.br³*

Resumo: Historicamente no Brasil o tratamento do pedestre no trânsito das cidades foi negligenciado pelo planejamento urbano e de transportes. Apesar de atualmente representarem o modo responsável pela maior quantidade de viagens diárias nas cidades brasileiras, este ainda não é priorizado na elaboração das políticas públicas e construção de uma infraestrutura conveniente às suas necessidades. Como consequência, os pedestres foram as principais vítimas fatais de acidentes de trânsito no país entre 2000 e 2015 (chegando a 148 mil mortes). Tendo em vista este cenário alarmante, o objetivo deste artigo é fornecer um diagnóstico acerca da mortalidade de pedestres no Brasil, a partir de uma série histórica de indicadores no período 2000-2015 coletados de fontes oficiais. Como resultado, identificou-se uma redução contínua da participação dos pedestres nas mortes no trânsito no país – passou-se de 30% em 2000 para 18% em 2015. Um dos fatores capazes de ter contribuído para tal variação é o crescimento na aquisição e utilização de motocicletas. Apesar disso, a situação ainda é crítica, com taxas de mortalidade de 3,41 pedestres por 100 mil habitantes – valor 2,7 vezes maior que a taxa da União Europeia. Nesse sentido, destaca-se a elevada redução na participação dos pedestres no total das vítimas fatais do trânsito. Por fim, entende-se a necessidade de enxergar o modo a pé sob um olhar técnico na gestão municipal do trânsito. Dessa forma, a avaliação da qualidade do transporte a pé utilizando indicadores padronizados é fundamental para o monitoramento e a gestão das informações acerca desse modo de transporte.

Palavras-chave: Pedestres, Segurança Viária, Brasil, Mortalidade.

Abstract: Historically in Brazil the pedestrian treatment in urban traffic was neglected in urban and transportation planning. Although they actually represent the mode responsible for the higher number of daily trips in Brazilian cities, they are not prioritized in the elaboration of public policies and in the construction of an infrastructure convenient to their needs. As a consequence, the pedestrians were the main victims of traffic accidents in the country between 2000 and 2015 (reaching 148 thousand fatalities). Due to this alarming scenery, the aim of this paper is to provide a diagnosis about pedestrian's mortality in Brazil through a historical series of indicators from official sources in the period 2000-2015. As a result, a continuous reduction in the pedestrian participation on traffic fatalities in the country was identified – from 30% in 2000 to 18% in 2015. One of the factor that could have contributed to this variation is the motorcycle acquisition and usage growth. Even though, the situation is still critical, with mortality rates of 3.41 pedestrian per 100 thousand inhabitants – value 2.7 times higher than the European Union rate. Thus, it is worth to stress the significant reduction of pedestrian's participation in total traffic fatal victims. Finally, there is the need to have a technical view over the pedestrian mode in municipal traffic management. Therefore, the evaluation of walking transportation quality using standard indicators is fundamental for the monitoring and related information management.

Keywords: Pedestrians, Road Safety, Brazil, Mortality.

1 Introdução

Caminhar é a forma mais democrática e sustentável de deslocamento, por meio da qual todas as pessoas conseguem se locomover sem a necessidade de pagamento de tarifa ou aquisição de um bem móvel [1]. Nos primórdios da civilização, o caminhar era a única alternativa de deslocamento para as pessoas. A partir do desenvolvimento das primeiras cidades, formas mais variadas de deslocamentos foram sendo incorporadas ao dia a dia da população. No entanto, a participação do modo a pé sempre permaneceu bastante expressiva. Mais recentemente, com a era da industrialização e a incorporação dos meios motorizados na matriz de deslocamentos das cidades, o modo a pé foi perdendo sua importância nas pautas do planejamento urbano, de modo que os estudos de engenharia de tráfego passaram a ter seu foco cada vez mais voltado para o transporte motorizado [2;3].

No que diz respeito à participação do modo a pé na matriz de deslocamentos realizados nas cidades, tem-se, de acordo com Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP, que o número de viagens realizadas a pé em 2014 foi de 23,4 bilhões, o que representa 36,5% das viagens realizadas nas cidades do Brasil – para as viagens realizadas por transporte coletivo, automóveis, motocicletas e bicicletas tem-se uma participação de 29%, 27%, 4% e 4% respectivamente. Vale destacar também, que esse número varia de acordo com o porte das cidades, podendo chegar a quase 40% das viagens realizadas a pé nas cidades com menos de 250 mil habitantes [4].

A partir dos dados expostos, deve-se reconhecer a importância do papel do modo a pé na mobilidade humana nas cidades brasileiras e, dessa forma, garantir a oferta de um ambiente adequado para esses deslocamentos por meio da oferta de uma rede de transporte a pé [5]. As características dos usuários do modo a pé são diversas, tanto em relação à existência de necessidades específicas associadas ao ser humano (pedestres idosos, crianças, gestantes, portadores de necessidades especiais, etc.), como em relação à energia e o tempo gasto no deslocamento e, finalmente, em relação às distâncias percorridas. Tal conjunto de condições de contorno dispostas sobre a oferta de infraestrutura urbana existente determinam o nível de conveniência e segurança de andar a pé.

1.1 Sobre a segurança viária e os pedestres

Sabe-se que os pedestres compõem uma parcela substancial nas mortes ocasionadas por acidentes de trânsito. Em todo o mundo, o número de pedestres mortos em acidentes de trânsito chegou a 273 mil pessoas em 2013, o que corresponde a 22% do total de mortes [6]. Nas cidades, são muitos os fatores de risco enfrentados pelos pedestres no trânsito. Entre eles, a Organização Panamericana de Saúde – OPAS [7] destaca: a velocidade incompatível, o uso de álcool, problemas na infraestrutura para pedestres, iluminação pública deficiente (prejudicando a visibilidade em travessias) e baixo nível de fiscalização do trânsito.

No que se refere ao fator da velocidade, pode-se dizer que há uma incompatibilidade entre os limites de velocidades permitidos para vias urbanas de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro – CTB [8] e o nível de interação existente entre usuários motorizados e não motorizados (pedestres e ciclistas). Estão previstos no CTB limites de até 80km/h de velocidade – o que, para usuários vulneráveis como os pedestres, acaba representando elevado risco de lesões graves e mortes. Na verdade, já para velocidades da ordem dos 50 km/h, a probabilidade de um pedestre sobreviver em um atropelamento é muito baixa, como demonstra a Figura 1.

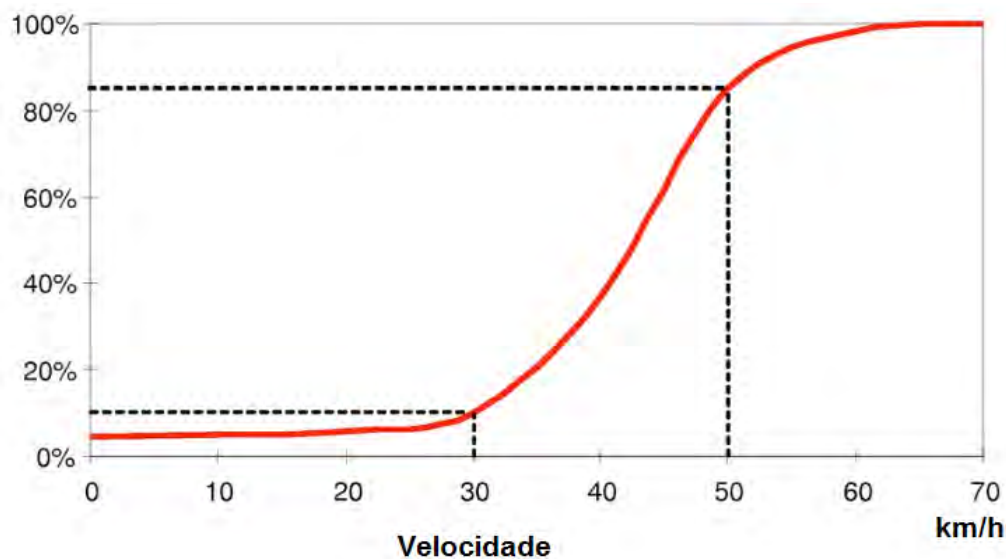


Figura 1 – Probabilidade de morte em caso de atropelamento de pedestre segundo velocidade do veículo.
Fonte: OECD [9].

No que se refere a interação dos pedestres com a infraestrutura e os automóveis, alguns estudos têm demonstrado que é muito importante compreender o comportamento dos pedestres na sua circulação dentro do ambiente construído nas cidades – analisando também as diversas características relacionadas a essa circulação, levando em conta por exemplo o gênero e a idade dos pedestres. Como demonstrado por Ferenchak [10], na Índia, o tempo de espera em travessias para mulheres chega a ser o dobro do tempo de espera dos homens, indicando um maior nível de tolerância à espera por parte do gênero feminino. O mesmo estudo salienta também que os homens têm um comportamento muito mais agressivo que as mulheres na condição de pedestre, não respeitando a infraestrutura existente, como as faixas de pedestres, e conseqüentemente causando mais conflitos com os automóveis.

Na Hungria, os dois principais erros (relacionados aos acidentes) cometidos por condutores ao cruzar as faixas de pedestres são: velocidade elevada e falta de prioridade ao pedestre. No que diz respeito ao erro por parte do pedestre (apesar de teoricamente o pedestre ter prioridade na maioria das situações), o principal fator apontado é a falta de atenção na travessia [11].

A partir da exposição da relação do modo a pé com o trânsito e a infraestrutura das cidades e do entendimento dos riscos associados aos mesmos, o objetivo do presente artigo é realizar um diagnóstico da mortalidade de pedestres no Brasil.

2 Metodologia

A metodologia utilizada para a construção do diagnóstico da mortalidade dos pedestres compõe-se de duas etapas. A primeira consistiu na coleta dos dados secundários no período 2000-2015 referentes a: vítimas fatais em atropelamentos junto ao Ministério da Saúde no banco de dados do DATASUS [12]; histórico da frota de veículos de acordo com o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN [13]; e, por fim, a população conforme Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE [14]. A segunda etapa deu-se, então, pela análise dos dados coletados realizada em âmbito nacional. O fluxograma abaixo expressa a metodologia utilizada para a análise da evolução das mortes de pedestres no Brasil (Figura 2).

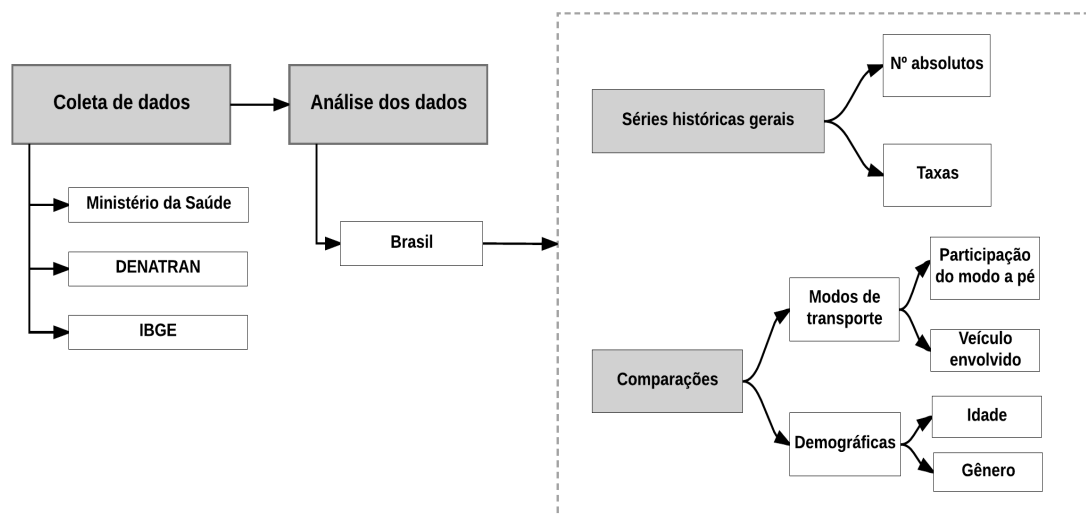


Figura 2 – Fluxograma do processo de análise da situação da mortalidade de pedestres no Brasil

Fonte: Elaboração do autor.

Os dados de mortes no trânsito coletados no DATASUS são classificados a partir dos códigos V01 a V89 da Classificação Internacional de Doenças (CID).

3 Resultados

No período entre 2000 e 2015 o número absoluto de óbitos de pedestres apresentou uma tendência de aumento até 2005, quando então iniciou-se um período de redução até 2009. Entretanto,

em 2010, verifica-se um pico no número de óbitos de pedestres. A partir de então, tem-se novamente tendência de redução até 2015, com o menor valor no período, correspondente a 6.979 óbitos de pedestres (ver Figura 3). Devido ao reduzido crescimento populacional no período, a mesma análise vale para a taxa de óbitos de pedestres por 100 mil habitantes. Em 2015, a taxa de óbitos de pedestres por 100 mil habitantes foi de 3,41 – valor 2,7 vezes maior que a taxa da União Europeia [15]. Por outro lado, o Brasil passou por um intenso processo de motorização, de modo que as taxas de óbitos de pedestres por 10 mil veículos apresentaram uma redução praticamente contínua ao longo do período (ver Figura 3).



Figura 3 – Gráfico de Taxas de mortalidade de pedestres: nº óbitos absolutos, óbitos por 100 mil habitantes e por 10 mil veículos.

Fonte: Brasil (2017).

Além de avaliar os números absolutos e as taxas de óbitos de pedestres no país, é importante analisar também a participação desses usuários no total de óbitos. Nesse sentido, destaca-se a elevada redução na participação dos pedestres no total das vítimas fatais do trânsito – passou-se de 30% em 2000 para 18% em 2015. Um dos fatores capazes de ter contribuído para tal variação é o crescimento na aquisição e utilização de motocicletas, pois a participação desses usuários no total de mortes no trânsito passou de 8% em 2000 para 31% em 2015. Ainda em relação à distribuição dos óbitos segundo modo de transporte da vítima, salienta-se a redução da categoria “outros/não identificados” – o que indica uma melhoria na precisão na coleta da informação (ver Figura 4).

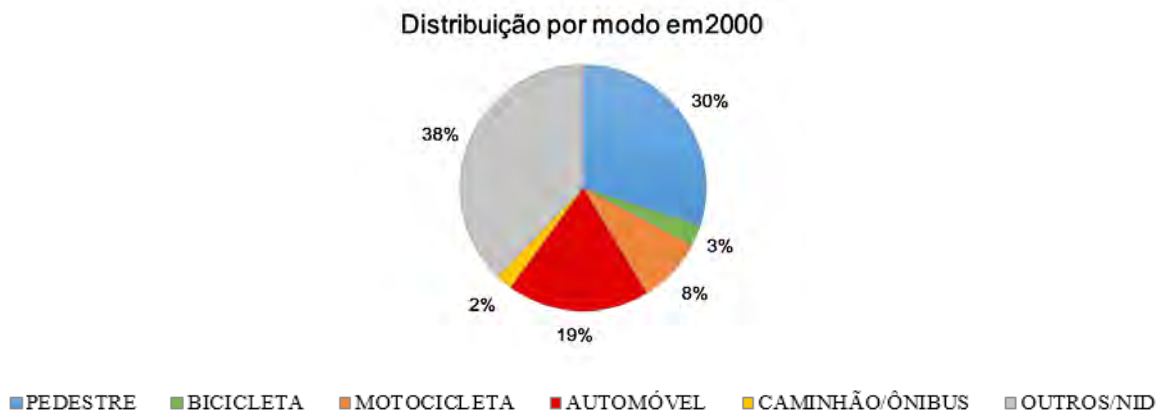


Figura 4 – Distribuição de óbitos por modo 2000-2015.

Fonte: Brasil (2017).

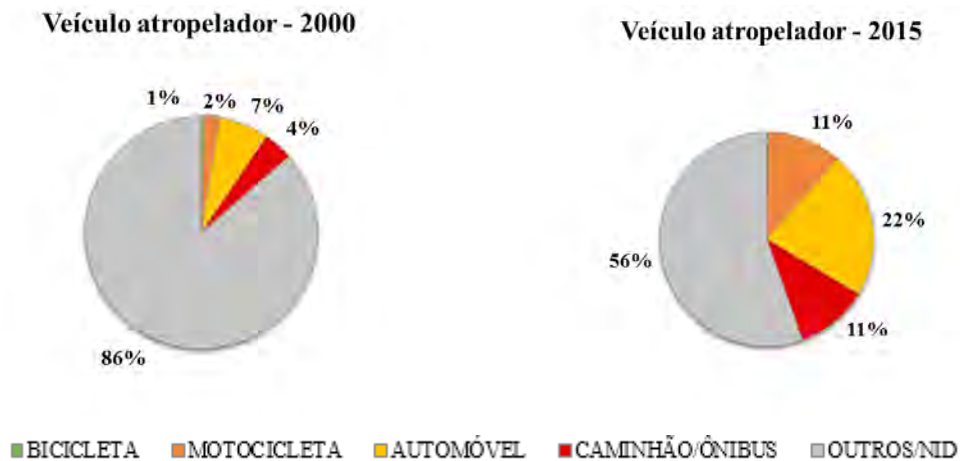


Figura 5 – Distribuição segundo veículo atropelador 2000-2015.

Fonte: Brasil (2017).

No caso dos atropelamentos, deve-se analisar também a categoria do veículo envolvido. O automóvel era o principal veículo envolvido em atropelamentos fatais, seguido dos caminhões/ônibus e das motocicletas no ano 2000. Em 2015, o automóvel permaneceu como o principal veículo envolvido em atropelamentos fatais, seguido dos caminhões/ônibus/motocicletas. Entretanto, é necessário levar em consideração que a interação entre pedestres e automóveis é muito mais frequente que a interação com os demais modos (ver Figura 5). É preocupante a elevada proporção da categoria “outros/não identificado” – 86% no ano 2000 e 56% em 2015 – visto que não se conhece a categoria de veículo envolvida no atropelamento, o que dificulta o planejamento de contramedidas específicas para a redução do risco.

Em relação à idade das vítimas pedestres, levando-se em consideração o número de habitantes em cada faixa etária, calculou-se a taxa de óbitos de pedestres por 100 mil habitantes (ver Figura 6). De acordo com essa análise, pode-se indicar que as faixas etárias de 20 a 29 anos e de 60 anos ou mais apresentam as maiores taxas de mortalidade. As razões para tal diferença podem estar associadas aos

comportamentos de risco mais recorrentes na faixa etária dos 20 aos 29 anos e à maior vulnerabilidade associada aos usuários idosos (60 anos ou mais).

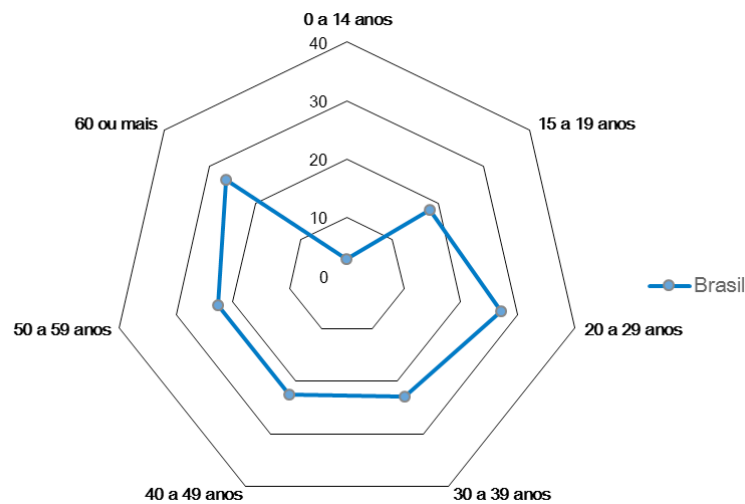


Figura 6 – Taxa de óbitos por 100 mil habitantes segundo faixa etária em 2015.
Fonte: Brasil (2017).

No tocante ao gênero das vítimas fatais dos atropelamentos é possível observar a maior participação de homens (82%) em relação às mulheres (18%). A taxa de óbitos em atropelamentos por 100 mil habitantes é aproximadamente 5 vezes maior entre os homens (taxa de 31,5 para homens e de 6,6 para mulheres) (ver Figura 7). Apesar da conclusão mais óbvia de que homens apresentariam um risco maior de serem atropelados que mulheres, a comparação de taxas de óbitos por 100 mil habitantes pode não ser suficiente e tampouco conclusiva para identificar qual gênero apresenta maior risco no trânsito. Isso é principalmente válido em cenários com pouca disponibilidade de informações que possibilitem adotar os níveis de desagregação desejáveis nas análises e utilizar uma medida adequada de exposição, como é o caso do Brasil.

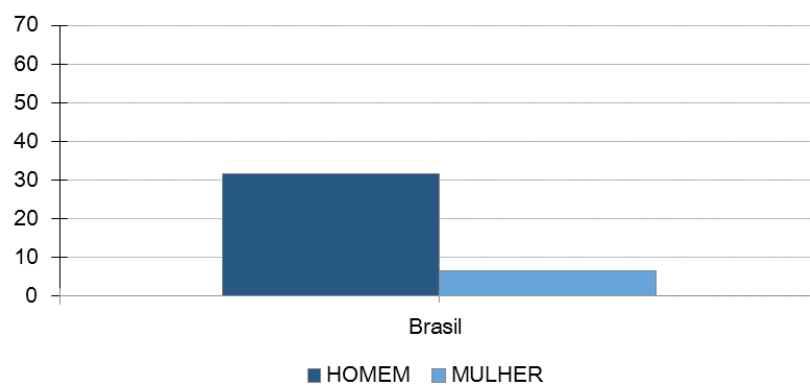


Figura 7 – Taxa de óbitos por 100 mil habitantes segundo gênero em 2015.
Fonte: Brasil (2017).

4 Conclusões

A partir do conjunto de informações apresentadas neste documento fica explícita a necessidade de direcionar maior atenção aos usuários do modo a pé no país, tanto por sua representatividade nos deslocamentos diários, quanto por sua evidente vulnerabilidade nas análises de âmbito nacional. A lógica de negligenciamento das viagens a pé no campo do planejamento de transportes e engenharia de tráfego precisa ser modificada, visto que o modo a pé demanda investimentos em infraestrutura, em geral, mais baixos (em comparação aos modos motorizados) e impactam positivamente parcela substancial das viagens nas cidades brasileiras. Portanto, medidas de valorização do transporte a pé tendem a estar associadas a um elevado nível de racionalidade (baixo custo por usuário atendido).

Enxergar o modo a pé sob um olhar técnico na gestão municipal do trânsito é necessário, apesar de sua característica intrínseca ao ser humano. Dessa forma, a avaliação da qualidade do transporte a pé utilizando indicadores padronizados é fundamental para o monitoramento e a gestão das informações acerca desse modo de transporte. A garantia de níveis seguros de mobilidade para pedestres, em toda sua diversidade de características – contemplando portadores de necessidades especiais – é um indicativo da presença de uma cultura de segurança viária, já observada em alguns países que demonstraram ser possível atingir níveis mínimos de risco no trânsito.

Referências

- [1] BASTOS, Jorge Tiago; CALDEIRA, Gabriel Pereira; BRANCO, Beatriz Pontes. **Relatório Estatístico de Segurança Viária: Pedestres 2017**. Indaiatuba: Observatório Nacional de Segurança Viária, 2017. Disponível em: <<http://www.onsv.org.br/quem-anda-a-pe-precisa-de-mais-atencao/>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- [2] FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto; TORRES, Isaac Guilherme Espinosa. Transporte Público Urbano. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 2004. 428 p.
- [3] VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. Políticas de Transporte no Brasil: A construção da mobilidade excludente. Barueri: Manole, 2014. 289 p.
- [4] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP) (Brasil) (Org.). Relatório Geral 2014. São Paulo, 2016. 96 p. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--geral_2014.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.
- [5] GOLD, Philip (Brasil). Qualidade de Calçadas no Município de São Paulo. São Paulo: Gold Projects, 2004.
- [6] WORLD HEALTH ORGANIZATION (Geneva) (Org.). Global Status Report on Road Safety 2015. Switzerland, 2015. Disponível em: <http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/>. Acesso em: 14 set. 2017.
- [7] ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). (Org.). Segurança de pedestres: Manual de segurança viária para gestores e profissionais da área. Brasília, 2013.
- [8] BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503.htm>. Acesso em: 9 set. 2017.
- [9] ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (França) (Org.). Speed Management. Paris, 2006. Disponível em: <<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/06speed.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2017.



- [10] FERENCHAK, Nicholas N. **Pedestrian age and gender in relation to crossing behavior at midblock crossings in India**. Journal of Traffic and Transportation Engineering (english Edition), [s.l.], v.3, n.4, p.345-351, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtte.2015.12.001>.
- [11] MAKO, Emese; SZAKONYI, Petra. Evaluation of Human Behaviour at Pedestrian Crossings. Transportation Research Procedia, [s.l.], v. 14, p.2121-2128, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.227>.
- [12] BRASIL. Ministério da Saúde. Sistemas de Informações de Mortalidade - DATASUS. Mortes por causas externas no período 2000-2015. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- [13] BRASIL. Ministério das Cidades. Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN. Frota de veículos no período 2000-2015. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- [14] BRASIL. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. População no Brasil de 2000-2015. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- [15] COMISSÃO EUROPEIA (Org.). **Road Deaths per million Inhabitants 2015: Pedestrians**. Bruxelas: Comissão Europeia, 2017.



POLÍTICAS PÚBLICAS DE ACESSIBILIDADE VOLTADA AOS IDOSOS: O CASO BRASILEIRO

N. G. da Silva Filho¹; R. C. Magagnin²

^{1,2} PPGARQ, UNESP, Bauru, Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bauru-SP
nivaldo.geroncio.filho@gmail.com¹, magagnin@faac.unesp.br²

Resumo: O Brasil encontra-se num processo de transição de faixa etária bastante acentuada, ou seja, a mudança no comportamento da população está se caracterizando de um estado jovem para um estado idoso. Tal mudança deve ser vista com certa preocupação, sobretudo ao olhar das políticas públicas, desde o governo federal, passando pelos estados e com maior responsabilidade pelo município. Neste sentido, observa-se que deve ser dada maior ênfase à parcela idosa da população. Estes problemas, embora imperceptíveis para a maioria das pessoas que não têm mobilidade reduzida, limita de forma contundente a população idosa, pois, o que se observa na prática é a precariedade ou ausência de normas e leis que possam de fato favorecer o segmento idoso. Assim sendo, este trabalho tem como objetivo discutir alguns pontos das políticas públicas brasileiras voltadas à acessibilidade e verificar se elas estão incorporando a questão dos idosos no espaço urbano. A metodologia adotada foi extraída de uma revisão bibliográfica nacional e internacional a respeito do assunto. As análises e os resultados demonstram que são necessárias melhorias significativas nessas infraestruturas.

Palavras-chave: Políticas públicas, Mobilidade urbana, Acessibilidade, Idoso.

Abstract: Brazil is in a transition process a very marked age, that is, the change in the behavior of the population is being characterized from a young state to an elderly state. Such a change must be viewed with some concern, especially when looking at public policies, from the federal government, through states and with greater responsibility for the municipality. In this sense, it should be noted that the older part of the population should be given greater emphasis. These problems, although imperceptible to the majority of people who do not have reduced mobility, severely limit the elderly population, since what is observed in practice is the precariousness or absence of norms and laws that may actually favor the elderly segment. Thus, this paper aims to discuss some aspects of Brazilian public policies aimed at accessibility and to verify if they are incorporating the issue of the elderly in the urban space. The methodology adopted was taken from a national and international literature review on the subject. Analyzes and results demonstrate that significant improvements are needed in these infrastructures.

Keywords: Public policies, Urban mobility, Accessibility, Elderly, Urban space.

1 Introdução

O envelhecimento populacional e o processo de urbanização das cidades são duas tendências mundiais que, em conjunto, representam as maiores forças que moldam o século XXI [1]. Ao mesmo tempo em que as cidades crescem, tem aumentado, cada vez mais, o seu contingente de residentes com 60 anos ou mais.

O número de pessoas com idade de 60 anos ou mais dobrará, proporcionalmente, passando de 11%, em 2006, para 22%, em 2050 [1]. Assim, é possível afirmar que pela primeira vez na história da humanidade haverá mais idosos que crianças (com idade 0 -14 anos) na população. Países em desenvolvimento estão envelhecendo em uma velocidade muito maior que a dos países desenvolvidos. Em cinco décadas, pouco mais de 80% dos idosos do mundo viverão em países em desenvolvimento, comparativamente com 60% em 2006 [1]. A Figura 1 sintetiza este argumento.

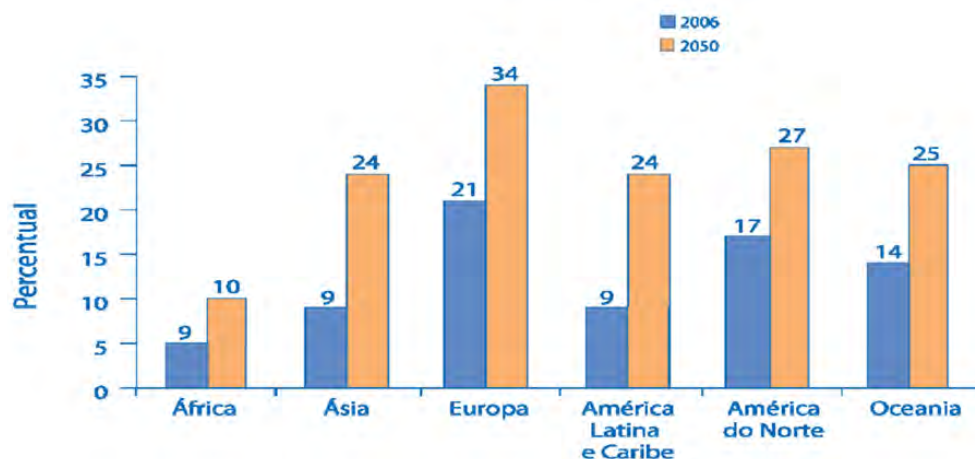


Figura 1 – Percentual de distribuição da população mundial (%) de 60 anos ou mais por região, 2006 e 2050 [1].

O número de megacidades, isto é, aquelas com 10 milhões de habitantes ou mais, aumentou dez vezes, passando de dois para 20, ao longo do século XX [1]. Elas respondiam por 9% da população urbana do mundo em 2005. As projeções indicam que a população urbana continuará a aumentar nas próximas décadas, especialmente em cidades com menos de cinco milhões de habitantes em 2030 [1].

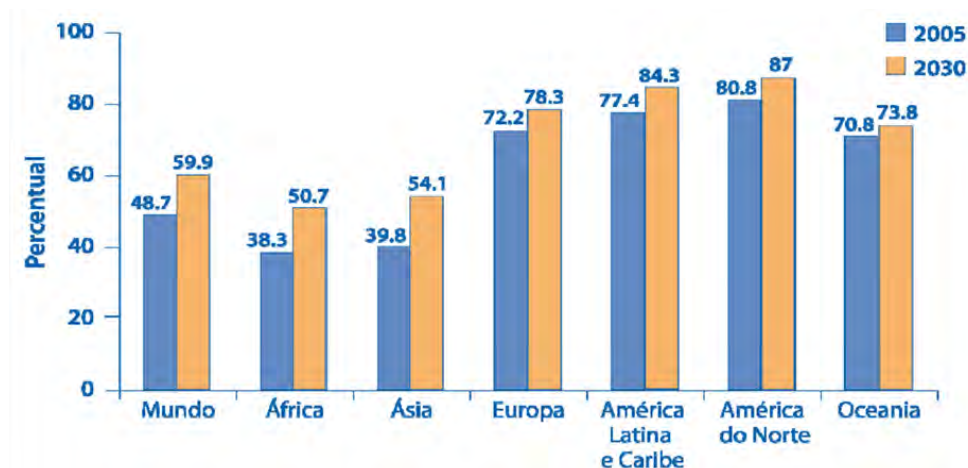


Figura 2 – Percentual da população urbana em grandes centros, 2005 e 2030 [1].

No tocante ao processo de envelhecimento pode-se observar que o Brasil estava em um claro processo de envelhecimento, tendo ultrapassado etapas iniciais do processo de transição epidemiológica e mesmo até mesmo atingindo seu estágio final [2, 3]. Aproximadamente na década de 1950, as características demográficas brasileiras apontavam a existência de uma população muito jovem, com altas taxas de fertilidade e mortalidade. A partir de 1960, teve início um processo de redução das taxas de fertilidade, para o País, considerando no seu conjunto, as taxas de fertilidade diminuíram aproximadamente 30%, no período de 1970 e 1980, queda esta que se verificou em todas as regiões do Brasil. No entanto, mesmo com este crescimento, a sociedade vive em um meio projetado para pessoas jovens, que não apresentam nenhuma dificuldade de locomoção ou mobilidade reduzida [2].

É comum encontrar em muitas cidades passeios irregulares ou mesmo com buracos, praças com barreiras físicas e técnicas, sem deixar de citar as dificuldades de acessos a bancos, farmácias, supermercados, hospitais e áreas de lazer. Este conjunto de barreiras pode dificultar ou mesmo impedir que um cidadão utilize de maneira plena o ambiente onde ele vive. Dentre as pessoas com desvantagens, os idosos aparecem como um público representativo e que, muitas vezes, se veem confinados em suas casas, privando-se de sua participação no convívio social [4]. No Brasil o processo de envelhecimento vem chamando a atenção de pesquisadores de diversos campos de atuação (Engenheiros, Gerontólogos, Fisioterapeutas, Geógrafos, Sociólogos).

No caso específico dos urbanistas, de modo geral, tal processo é visto com bastante preocupação, pois as infraestruturas urbanas, sobretudo no caso brasileiro não são adequadas ao segmento idoso. Neste sentido, faz-se necessário reelaborar ações públicas e investir na mudança da representação social da pessoa idosa, abandonando a concepção da passividade desta população. Dedicar atenção especial a reforçar a proteção social em casos de extrema vulnerabilidade, nas quais persistem dificuldades de acesso a direitos fundamentais como a moradia, a saúde e a segurança social.

2 A questão da mobilidade reduzida: o idoso e suas limitações

Para fins de definição, a pessoa com mobilidade reduzida pode ser classificada em permanente ou parcial. No caso dos idosos, esta redução pode ser caracterizada de forma gradativa, pois o envelhecimento trata-se de um processo natural do ser humano.

Nesse bojo da discussão é importante frisar que o termo acessibilidade pode ser definido como sendo um atributo essencial do ambiente que garante a melhoria da qualidade de vida das pessoas [5]. Deve estar presente nos espaços, no meio físico, no transporte, na informação e comunicação, inclusive nos sistemas e tecnologias da informação e comunicação, bem como em outros serviços e instalações abertos ao público ou de uso público, tanto na cidade como no campo.

Outra definição a essa terminologia diz que a acessibilidade é um atributo que está associado ao indivíduo [6] ou a acessibilidade pode ser definida como a possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos [7].

Os idosos participam do trânsito de diversas maneiras: como pedestres, passageiros, ciclistas, motociclistas ou motoristas. No entanto, junto com as crianças, eles constituem um grupo de risco, ou seja, tem probabilidade maior a acidentes de trânsito [8]. O termo “mobilidade” está na ordem do dia, seja na imprensa, nas agendas públicas ou no meio científico e tem se aplicado a abordagens e contextos diversos [9]. Ele está relacionado com as seguintes definições: acesso e acessibilidade, também com diferentes possibilidades de uso.

Consenso há no fato de que mobilidade é condição para as pessoas acessarem os diferentes bens e serviços de uma cidade. No entanto, para a concretização deste direito muitas vezes é necessário à eliminação de barreiras arquitetônicas e urbanísticas, nas edificações, nos transportes, como também a eliminação de barreiras nas comunicações. Mas, infelizmente não é incomum identificar nos ambientes urbanos, em especial nas calçadas a presença de buracos, a falta de rampas, escadas sem opção de elevador ou plataforma de elevação, elevadores sem a escrita em braile e sem sinalização sonora, locais com a ausência de piso tátil, o que dificulta e até impede o acesso da pessoa com deficiência e mobilidade reduzida ao meio físico.

Diversos autores [2, 10,11] identificaram que as principais limitações fisiológicas que afetam a mobilidade da pessoa idosa estão relacionadas a:

1. Perda da visão: perda da acuidade visual, ou seja, nitidez com que se veem objetos, diminuição da visão periférica e do campo visual, menor tolerância à luminosidade, confusão na compreensão de contrastes e dificuldade em adaptar-se ao escuro. Com a visão prejudicada, a pessoa perde o equilíbrio, pois os olhos são órgãos determinantes para o controle da postura;



2. Perda da audição: aumentam as anormalidades do órgão auditivo, dificultando a percepção dos barulhos e ruídos, e contribuindo para a perda de equilíbrio da pessoa prejudicando sua orientação de espaço;
3. Dificuldade de locomoção: enfraquecimento dos ossos com a perda de cálcio, problemas nas articulações reduzindo a flexibilidade, e a perda do equilíbrio afetado pelos órgãos da visão, audição e pela redução da força muscular;
4. Aumento do tempo de reação: conforme o grau de complexidade da tarefa a ser executada, o idoso apresenta um maior tempo de reação em decorrência do envelhecimento;
5. Declínio da velocidade de julgamento: dificuldade de julgar a distância a que está do veículo em relação à velocidade desenvolvida por este veículo.

Dentre os elementos que podem contribuir para a falta de acessibilidade de passeios e calçadas destacam-se os seguintes elementos: Largura efetiva da calçada; Tipo de Piso; Rampas de acesso; Travessia segura; Inclinação e Conservação das calçadas [2].

3 Passeios e calçadas: o idoso na condição de pedestre

Os passeios, calçadas e travessias compõem a infraestrutura viária dos pedestres, portanto, interferem no deslocamento dos idosos. Assim é de fundamental que toda esta infraestrutura esteja sempre em condições adequadas para o trânsito das pessoas. A calçada, por definição, é parte integrante da via, normalmente segregada e em nível diferente, é reservada ao trânsito de pedestres e, quando possível, à implantação de mobiliário, sinalização, vegetação e outros fins [7]. A largura mínima é de 1,30 metros que seria o espaço suficiente para a pessoa idosa que necessite fazer uso de um material auxiliar para seu deslocamento. A Figura 3 apresenta as dimensões referenciais para deslocamento de pessoas em pé nas mais diversas características.

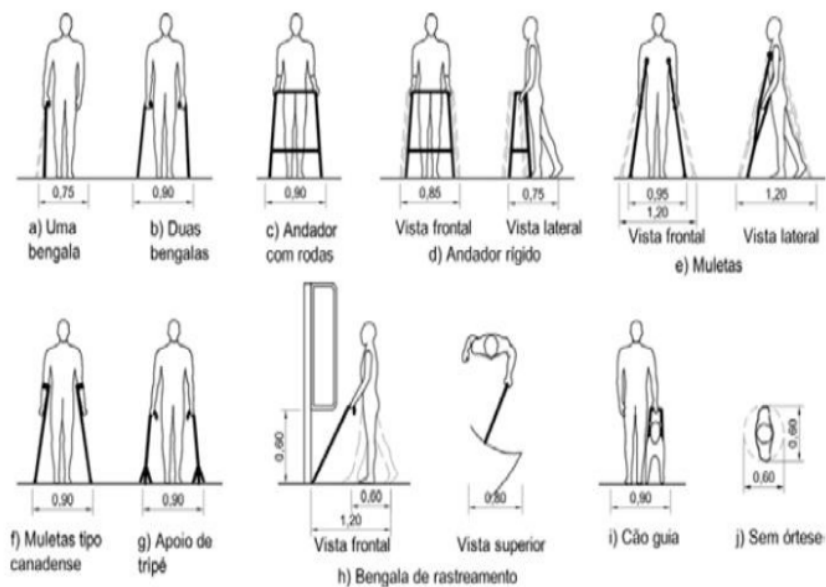


Figura 3 – Dimensões referenciais de pedestres em relação à calçada [7].

4 As políticas públicas e o espaço da cidade

As políticas públicas voltadas para a promoção, proteção e defesa dos direitos das pessoas idosas são de responsabilidade das esferas federal e estadual e a implantação destas políticas cabem aos governos municipais. [2]

O artigo 182 da Constituição Federal, que trata da política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

A lei de nº 8.842, de 4 de janeiro de 1994, cria, dispõe sobre a *política nacional do idoso* [5]. De acordo com o art. 1º dessa lei, a política nacional do idoso tem por objetivo assegurar os direitos sociais do idoso, criando condições para promover sua autonomia, integração e participação efetiva na sociedade. São consideradas idosas as pessoas acima de sessenta anos de idade.

Art. 3º. A política nacional do idoso reger-se-á pelos seguintes princípios:

I - a família, a sociedade e o estado têm o dever de assegurar ao idoso todos os direitos da cidadania, garantindo sua participação na comunidade, defendendo sua dignidade, bem-estar e o direito à vida;

II - o processo de envelhecimento diz respeito à sociedade em geral, devendo ser objeto de conhecimento e informação para todos;

Art. 4º. Constituem diretrizes da política nacional do idoso: I - viabilização de formas alternativas de participação, ocupação e convívio do idoso, que proporcionem sua integração às demais gerações; II - participação do idoso, através de suas organizações representativas, na formulação, implementação e avaliação das políticas, planos, programas e projetos a serem desenvolvidos. [2].

Em 2000, a Lei nº 10.098, em seu artigo 1º, estabelecia normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, mediante a supressão de barreiras e de obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios e nos meios de transporte e de comunicação.

Contudo, foi apenas em 2015, com a promulgação da Lei 13.146, que a palavra “idoso” foi inserida em seu contexto, assim como outros grupos com mobilidade reduzida. Uma cidade amiga do idoso, em consonância com a Lei acima, adapta suas estruturas e serviços para que estes sejam acessíveis e promovam a inclusão de idosos com diferentes necessidades e graus de capacidade.

Muitos aspectos do ambiente urbano e dos serviços sinalizam às características de uma cidade amiga do idoso. Respeito e inclusão social se refletem na acessibilidade de prédios e espaços públicos e na gama de oportunidades que a cidade oferece para os idosos em termos de participação social. A Figura 4 ilustra, de forma mais detalhada, estas características.



Figura 4 – Tópicos relacionados ao estatuto da Cidade Amiga do Idoso [1].

5 Conclusões

A Constituição Federal brasileira define que o direito de ir e vir deve ser assegurado a todos os cidadãos, neste sentido, devem ser eliminadas todas as barreiras físicas que impeçam o acesso das pessoas com deficiência e mobilidade reduzida aos prédios públicos, aos estabelecimentos comerciais, de ensino, praças, parques, cinemas e tantos outros. Diante desta premissa, pode-se afirmar que a promoção da acessibilidade faz parte do processo de inclusão social não só de pessoas com deficiência, mas para todos que permanentemente ou temporariamente têm mobilidade limitada, categorias estas que incluem crianças, idosos, mulheres grávidas e pessoas obesas [13].

O Brasil possui um número significativo de legislações e normas técnicas sobre esta temática, no entanto o idoso não tem a garantia de ter espaços plenamente acessíveis. As cidades brasileiras ainda possuem inúmeros espaços públicos e privados com restrição total ou parcial de mobilidade, o que impede o direito de ir e vir assegurado na lei [13].

A esfera federal tem se preocupado em propor leis e políticas públicas para implantar a acessibilidade nos municípios, entretanto, os municípios ainda não adotaram medidas efetivas para favorecer a acessibilidade na cidade, principalmente nos espaços de uso público.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo Projeto de Pós-doutorado, junto a Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC) e Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ) da UNESP – Bauru.

Referências

- [1] OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Envelhecimento ativo: uma política de saúde**. Tradução de Suzana Gontijo. Brasília: Opas, 2008. 60 p.
- [2] SILVA FILHO, N. G. **Índice de qualidade da mobilidade urbana a pé para pessoas idosas (IQMUI)** / Tese (Doutorado) Nivaldo Gerônimo da Silva Filho. São Carlos: UFSCar, 2016. 166 p.
- [3] Guia global: cidade amiga do idoso. Brasília: OMS, 2008. KALACHE, A. **Envelhecimento populacional no Brasil: uma realidade nova. Cadernos de Saúde Pública**, v. 3, n. 3, p. 217-220, 1987.
- [4] PRADO, A. R. A. **Acessibilidade e Desenho Universal**. Versão atualizada do texto publicado nos Anais do 3º Congresso Paulista de Geriatria e Gerontologia – GERP' 2003, Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia – SBGG/SP, Santos, 2003.
- [5] Guia de Políticas, Programas e Projetos do Governo Federal. **Compromisso Nacional para o Envelhecimento Ativo**, – Brasil. Neusa Pivatto Müller (Org.). Brasília: Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República, 2015.
- [6] BRASIL. Ministério das Cidades. **Mobilidade e desenvolvimento urbano** / Ministério das Cidades, Secretaria de Transporte e da Mobilidade Urbana. Gestão Integrada da Mobilidade Urbana, Brasília: MCidades, 2006.
- [7] ABNT. NBR 9050. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo: ABNT, 2015.
- [8] ROZESTRATEN, R. J. A. **O idoso no trânsito**. Jornal da ABRAMET. São Paulo, Psicologia do trânsito, p. 8, 1993.
- [9] BARRETO, K. M. L. **Envelhecimento, mobilidade urbana e saúde: um estudo da população idosa**. Tese (Doutorado em Saúde Pública). 177 p. Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz. Recife. 2012.
- [10] MICHELETTO, T. M. G. P. **O risco do idoso pedestre nas vias urbanas**. NT 219, Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, São Paulo. 2011.
- [11] SANT'ANNA, R. M. **Mobilidade e segurança no trânsito da população idosa: um estudo descritivo sobre a percepção de pedestres idosos e de especialistas em engenharia de tráfego**. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes). COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro. 2006.
- [12] BRASIL. Ministério das Cidades. **Mobilidade e Política Urbana: Subsídios para uma Gestão Integrada**. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. Brasília. 2004. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/media/MobilidadeePoliticaUrbana.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- [13] MAGAGNIN, Renata Cardoso; PRADO, Mariana Delbonis do; VANDERLEI, C. B.. **The municipal urban accessibility policy in a medium-sized city: the case of Bauru - Brazil**. In: XVIII Congresso Panamericano de Ingenieria de Transito, Transporte y Logísitca, 2014, Santander - Espanha. XVIII Congresso Panamericano de Ingenieria de Transito, Transporte y Logísitca. Santander: PANAM, 2014. v. 1. p. 01-15.



ESTUDO DAS PATOLOGIAS NA VIA PERMANENTE DA FERROESTE ENTRE PÁTIO CASCAVEL E PÁTIO CAMPO BONITO/PR

M. E. Guimarães¹; T. M. Basso²

¹ Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Av. Tancredo Neves, nº 6713, Parque Tecnológico da Itaipu (PTI), Foz do Iguaçu/PR

² Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, Av. das torres, nº 500, Loteamento FAG, Cascavel /PR
marciogeng@hotmail.com¹, thalytabasso@hotmail.com²

Resumo: O modal ferroviário está cada vez mais degradado com falta de investimentos em conservação, abrindo espaço para o aparecimento de manifestações patológicas em suas vias. Em função disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento das manifestações patológicas do trecho da via férrea do Posto Cascavel até o Posto Campo Bonito – PR, da FERROESTE e sugerir procedimentos de manutenção das mesmas. Foram diagnosticados os fenômenos patológicos apresentados, identificando o grau de comprometimento da via causado pelas patologias incidentes e também as possíveis soluções para o combate de tais fenômenos. Dos 25 km analisados, 12 km apresentaram patologias, destas, as mais incidentes foram o crescimento de vegetação com 15,25% de ocorrência e despedaçamento do canto de bitola com 13,56%. O maior grau de comprometimento deu-se no km 226, no qual foi encontrada a maior quantidade de patologias. Conclui-se que é de suma importância a manutenção preventiva na via permanente, pois além do controle do uso da via, medidas como fiscalização nos trilhos devem ocorrer com frequência, para que se observe qualquer alteração no seu estado físico, antecipando uma possível patologia que possa vir a ocorrer.

Palavras-chave: Ferrovias, Via permanente, Manifestações patológicas em estrada de ferro.

Abstract: The railway modal is increasingly degraded with a lack of investments in conservation, its can enable the appearance of pathological manifestations in its pathways. Following this situation, the present paper had as objective to perform a survey of the pathological manifestations of the section of the railroad between Cascavel Post and Campo Bonito Post - PR, of FERROESTE and to suggest procedures of maintenance of the same ones. In this way, the pathological phenomena presented were diagnosed, presenting the degree of pathway impairment caused by the incident pathologies and also the possible solutions to combat such phenomena. Of the 25 km analysed, 12 km presented pathologies, of these, the most incidents were the growth of vegetation with 15.25% of occurrence and breaking of the corner of gauge with 13.56%. The greatest degree of impairment occurred at km 226, in which the greatest number of pathologies were found. We conclude that preventive maintenance in the permanent route is of paramount importance, since in addition to the control of the use of the road, measures such as supervision on the rails must occur frequently, so that any change in their physical state is observed, anticipating a possible pathology that may occur.

Keywords: Railways, Permanent way, Pathological manifestations on the railway.

1 Introdução

Nos dias atuais, a malha ferroviária brasileira sofre com a diferença entre as bitolas dos trilhos entre os estados, dificultando a ligação entre eles. Várias pesquisas afirmam que há duas explicações para tal situação. Uma delas seria que, para proteção, por volta de 1979, os estados optaram por utilizar diferentes tipos de bitolas, o que dificultaria uma possível invasão ou ataque de outro estado ou país [1]. Uma segunda vertente afirma que no início da construção da malha ferroviária, na Europa, utilizava-se de tração animal para puxar os vagões e para a melhor disposição das bitolas era analisada a proporção traseira dos cavalos da Roma Antiga que possuía em torno de quatro pés e 8,5 polegadas. Essa forma de disposição das distâncias entre os trilhos também foi inicialmente utilizada aqui no Brasil [2].

Segundo [3], as ferrovias não vêm sendo utilizadas atualmente como foram no passado, entre as décadas de 30, 40 e 50, pois, com inovações e investimentos exacerbados em outros modais, principalmente no rodoviário, este modal vem sofrendo com a falta de investimentos em conservação. A viabilização de um trecho é fundamental para o bom andamento de movimentação de cargas e pessoas, tornando assim, o percurso mais confortável e ágil.

Dados de [4] demonstram que o Paraná é o quarto Estado com maior extensão da malha ferroviária, totalizando 2.287 km, sendo que 2.039 km são operados pela empresa América Latina Logística do Brasil S/A– ALL. A estatal Ferrovia Paraná S/A opera os 248 km restantes, que cruzam onze municípios do Paraná, iniciando em Guarapuava estendendo-se até Cascavel, passando pelos municípios de Candói, Goioxim, Cantagalo, Marquinho, Laranjeiras do Sul, Nova Laranjeiras, Guaraniaçu, Ibema e Campo Bonito, entre outros.

Cascavel-PR possui uma área de 2.091 km² e localiza-se na região Oeste do Estado do Paraná. É considerada uma cidade-polo de uma região com um dos maiores entroncamentos rodoviários do Brasil, com uma localização estratégica privilegiada no MERCOSUL, tendo uma vocação natural para a industrialização. “Nossa vocação natural é para a agroindústria, uma vez que estamos numa grande região produtora de grãos” [5].

Por ser uma cidade-polo da agroindústria, a quantidade de recursos disponíveis é muito grande. Com isso surge a necessidade de haver a manutenção da via permanente de uma ferrovia. A mesma é de tal importância para que de fato não ocorram desperdícios, sem que se perceba. Nesse passo entra a análise apurada nas vias permanentes, para se prever possíveis falhas e assim, sempre estar atento para um melhor aproveitamento dos recursos [6].

O presente trabalho teve como base a demonstração da importância do estado da via ferroviária para um bom escoamento de veículos com cargas, pois, é necessário entender quais são as maiores dificuldades de um trecho para se ter o embasamento de como fazer a manutenção correta do mesmo, visto que para cada patologia há um tipo de manutenção específica. Desta forma, buscou-se com o presente trabalho realizar um levantamento das manifestações patológicas do trecho da via férrea



do Posto Cascavel até o Posto Campo Bonito – PR, da FERROESTE e sugerir procedimentos de manutenção das mesmas.

2 Metodologia

O presente trabalho foi baseado no Manual de Inspeções da GECOF (Gerência de Controle e Fiscalização de Serviços e Infraestrutura de Transporte Ferroviário) que estabelece critérios e procedimentos para as inspeções relativas à fiscalização do transporte ferroviário de cargas realizado sob a responsabilidade das concessionárias desse serviço público, tanto em aspectos relacionados à exploração da infraestrutura como em questões relativas à própria prestação desses serviços.

No caso deste trabalho, a pesquisa buscou levantar visualmente as manifestações patológicas em um trecho ferroviário (qualitativa), assim como relacioná-las às causas de seu surgimento e métodos de correção, com base em normas e livros (descritiva).

Com relação aos objetivos, a pesquisa procurou identificar as patologias que surgiram no trecho analisado, bem como os métodos corretivos viáveis. Quanto aos procedimentos, a pesquisa é caracterizada como um estudo de caso, que relaciona vários aspectos de um mesmo fenômeno, por meio de inspeção visual e fotográfica, para que fossem identificadas e tabeladas as patologias no decorrer dos quilômetros.

O estudo ocorreu no trecho do Posto Cascavel até o Posto Campo Bonito da Via Permanente da FERROESTE. O trecho compreendeu 25 quilômetros, sendo esses bastante sinuosos. A vistoria foi realizada quilômetro a quilômetro, e foram identificadas as patologias encontradas no trecho analisado.

Os registros fotográficos serviram como mapeamentos das manifestações patológicas identificadas, juntamente com a coleta de dados. Posteriormente, são apresentados gráficos que auxiliam na análise geral do estudo.

3 Resultados

Foram analisados 25 km de Via Permanente ligando o Posto Cascavel até o Posto Campo Bonito da FERROESTE em Cascavel – PR, desses a incidência ocorreu em apenas 12 km de via permanente, das mais distintas origens.

Na Tabela 1a-b a seguir, estão apontados os dados coletados durante a pesquisa. Constam neste quadro os quilômetros analisados e os problemas patológicos apresentados em cada quilômetro da análise. Iniciou-se a vistoria no km 248 que se localiza no Posto Cascavel, finalizando no km 225, localizado no Posto Campo Bonito, sendo as patologias detalhadas a cada trecho de 1 km.

Tabela 1a – Patologias encontradas por quilômetros.

km	Patologias
248	Posto Cascavel
247	Crescimento de vegetação; Desgaste lateral do trilho; Escamação do boleto; Fratura em dormente de concreto; Martelamento de junta;
245	Crescimento de vegetação; Desgaste lateral do trilho; Desgaste ondulatorio; Despedaçamento do canto da bitola;
243	Crescimento de vegetação; Desgaste lateral do trilho; Fissuração no canto da bitola; Trinca de patinação de roda
240	Desgaste ondulatorio; Despedaçamento do canto da bitola; Escamação do boleto; Fissuração no canto da bitola; Martelamento de junta;
238	Despedaçamento do canto da bitola; Desgaste ondulatorio; Esmagamento de boleto;
237	Flambagem de via; Crescimento de vegetação;
235	Crescimento de vegetação; Desgaste lateral do trilho; Esmagamento de boleto; Fissuração no canto da bitola; Lama em Excesso; Trinca de patinação de roda;
233	Desgaste ondulatorio; Despedaçamento do canto da bitola; Fissuração no canto da bitola; Trinca de patinação de roda;
232	Crescimento de vegetação; Desgaste ondulatorio; Despedaçamento do canto da bitola; Fissuração no canto da bitola; Martelamento de junta; Trinca de patinação de roda;
229	Crescimento de vegetação; Desgaste lateral do trilho; Desgaste ondulatorio; Despedaçamento do canto da bitola; Martelamento de junta;
228	Crescimento de vegetação; Desgaste lateral do trilho; Desgaste ondulatorio; Despedaçamento do canto da bitola; Esmagamento de boleto; Martelamento de junta; Trinca de patinação de roda;

Tabela 1b – Patologias encontradas por quilômetros.

km	Patologias
226	Crescimento de vegetação; Desgaste lateral do trilho; Despedaçamento do canto da bitola; Escamação do boleto; Esmagamento de boleto; Estilhaçamento do canto da bitola; Martelamento de junta; Trinca de patinação de roda;
225	Posto Campo Bonito

Na Tabela 2 estão listadas as patologias encontradas e a sua quantificação, como também o percentual das mesmas em relação ao total, sendo que as patologias não são comuns a todos os quilômetros analisados. É possível verificar que as patologias mais incidentes foram o crescimento de vegetação com 15,25% de incidência, seguido do despedaçamento de canto de bitola (13,56%), desgaste lateral do trilho e desgaste ondulatorio ambos com (11,86%) e martelamento de junta e trinca de patinação de roda, ambos com (10,17%). Portanto, estas patologias somadas, correspondem a aproximadamente 73% de todas as patologias encontradas.

Tabela 2 – Ocorrências das patologias.

Patologias	Quantidade	Ocorrência (%)
Crescimento de vegetação	9	15,25
Despedaçamento do canto de bitola	8	13,56
Desgaste lateral do trilho	7	11,86
Desgaste ondulatório	7	11,86
Martelamento de junta	6	10,17
Trinca de patinação de roda	6	10,17
Fissuração no canto da bitola	5	8,47
Esmagamento de boleto	4	6,78
Escamação do boleto	3	5,08
Estilhaçamento do canto da bitola	1	1,69
Flambagem de via	1	1,69
Fratura em dormente de concreto	1	1,69
Lama em Excesso	1	1,69
Total	59	100

Na Figura 1 a seguir, observa-se uma das patologias mais incidentes no trecho, denominada crescimento de vegetação, com 15,25% de incidência na via. Em grande parte da via foi encontrada tal patologia, percebe-se que a vegetação transpôs os trilhos e alojou-se entre os dormentes e suas imediações. Para se evitar tal patologia é indicada a manutenção da via, com corte e retirada da vegetação rasteira.

**Figura 1** – Crescimento de Vegetação entre os trilhos e seus arredores.

Verificou-se que o despedaçamento do canto de bitola teve um percentual de 13,56% de incidência, pois é um defeito de fadiga de contato entre o material rodante e a superfície da bitola (Figura 2). Ele não é uma anomalia grave inicialmente, porém, com o passar do tempo, o escoamento do metal pelo tráfego provoca um desnivelamento no boleto, podendo atingir proporções graves e se

tornando um perigo muito grande de acidentes. A manutenção preventiva é a melhor saída para tal patologia, identificado inicialmente pode-se prever uma mudança de velocidade no trecho pelo trem. Como correção para essa patologia sugere-se a troca do trilho.



Figura 2 – Despedaçamento do canto de bitola na Via Permanente.

O desgaste lateral do trilho e o desgaste ondulatório se igualaram na porcentagem de incidência na via (11,86%). São patologias entre roda/trilho, mas com algumas particularidades. No desgaste lateral, os frisos das rodas, durante a passagem pelas curvaturas do traçado, desgastam a lateral do trilho, que com o passar do tempo se torna enfraquecido, podendo vir a fraturar (Figura 3). A correção dessa patologia, em tal ponto de desgaste, se dá somente pela troca do trilho. Em regime leve de desgaste pode haver uma ótima lubrificação na interface roda/trilho, diminuindo o desgaste. Também é recomendável o reperfilamento dos trilhos em alguns casos. Nas manutenções preventivas na via, deve-se atentar se a mesma já apresenta sinais de desgaste. Caso sim, como medida de prevenção, deve-se instaurar baixa velocidade na região.



Figura 3 – Desgaste lateral do trilho por material rodante.

O desgaste ondulatorio pode ser ligado à presença de elevadas cargas a baixas velocidades, cargas leves a maiores velocidades, desbalanceamento de rodas e eixos ou vibração na linha.

A concavidade é instaurada pelo contato da roda que pode estar com concavidades ao entrar em contato com o trilho. Em relação ao desgaste ondulatorio, em alguns casos, a lubrificação ou o reperfilamento transversal do trilho, podem ser as melhores atitudes, porém, em outros, existe apenas a substituição do mesmo como solução (Figura 4).



Figura 4 – Desgaste ondulatorio do trilho.

Nas Figuras 5 e 6 pode-se visualizar a patologia denominada martelamento de junta com incidência de 10,17%, que tem origem nas junções mecânicas e nas talas parafusadas nas faces das almas, normalmente gerada pelo choque, por meio do material rodante em sua passagem pela folga deixada para a dilatação do trilho. É um dos defeitos mais graves na via permanente, pois pode ser causador de muitos acidentes. Com o passar do tempo, também pode levar a outras patologias, como despedaçamento do canto de boleto.

A correção dessa patologia se dá por uma nova fixação da tala de junção quando em um estado inicial e manutenção da mesma para não deixar que haja deslocamentos. Em um estado avançado o que se pode fazer é o corte da parte danificada e realização de uma nova junção.



Figura 5 – Martelamento de junta de dilatação (Vista).



Figura 6 – Martelamento de junta de dilatação (Planta).

Trinca de patinação de roda (Figura 7) é uma avaria na superfície de rolamento ocasionada pelo material rodante, por eventual atrito entre roda/trilho, por rodagem no mesmo lugar, sem movimentação do trem. O atrito e o calor gerado nesse deslizamento ocasionam a escavação da superfície do trilho, levando ao surgimento de outras patologias como as trincas transversais ao boleto. Geralmente, se manifesta em pátios, fortes rampas (subidas), trilho úmido ou engraxado. Deve-se focar em medidas preventivas em paradas e arrancadas, para não forçar o trilho com uma marcha muito pesada. Na manutenção da via não permitir resíduos de materiais graxos sobre os trilhos.



Figura 7 – Trinca por patinação de roda.

Do trecho analisado, 12 km apresentaram patologias. Deste total, foram constatadas 59 patologias, sendo possível notar que o km 226 tem a maior incidência de patologias e o km 237 a menor como demonstrado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Ocorrência de patologias encontradas nos trechos.

km	Quantidade	Ocorrência (%)
226	8	13,56
228	7	11,86
232	6	10,17
235	6	10,17
229	5	8,47
240	5	8,47
247	5	8,47
233	4	6,78
245	4	6,78
243	4	6,78
238	3	5,08
237	2	3,39
Total	59	100

4 Conclusões

Por meio deste estudo foi possível identificar, quantificar e avaliar as manifestações patológicas presentes no trecho do Pátio Cascavel ao Pátio Campo Bonito – PR da Via Permanente da FERROESTE. Observou-se que as patologias que ocorreram com maior frequência foram o crescimento de vegetação, despedaçamento do canto de bitola, desgaste lateral do trilho, desgaste ondulatorio, martelamento de juntas e trinca de patinação de roda.

Das patologias, a mais grave é o despedaçamento do canto de bitola, pois se trata de uma anomalia, inicialmente não muito grave, porém, com o passar do tempo pode atingir proporções graves, causando acidentes. Notou-se também que pela falta de manutenção da via permanente, o crescimento de vegetação entre os trilhos e seus arredores foi à patologia mais incidente, pois atingiu vários pontos da via.

O maior grau de comprometimento da via se deu no km 226, no qual se encontrou o maior índice patologias do percurso, ressaltando que dos 25 km analisados, 12 km apresentaram patologias. Logo, com esse estudo se percebeu a importância da manutenção preventiva na via permanente. Além do controle do uso da via, medidas como fiscalização dos trilhos devem ocorrer com frequência, evitando qualquer alteração no seu estado físico, antecipando uma possível patologia, estabelecendo a lubrificação adequada entre as rodas das locomotivas e os trilhos. Isso pode proporcionar um bom desempenho da via, e fazer a montagem das juntas de dilatação adequadas e com o espaçamento e fixação corretos como formas de prevenção.

O assunto ferrovias deveria estar cada vez mais presente no cotidiano do brasileiro, pois com rodovias cada vez mais congestionadas, deve-se explorar com maior intensidade outros meios de transporte. Entretanto, com o alto descaso em que se encontra a malha ferroviária brasileira, há mui-



to trabalho a ser feito, pois, um país desenvolvido investe em seus meios de transportes, pois eles são fundamentais para que haja a integração dos setores econômico, social e cultural das cidades.

Agradecimentos

Estrada de Ferro Paraná Oeste S. A. (FERROESTE).

Referências

- [1] CURY, M. V. Q. **Estudo de Bitolas**, 2011. Disponível em: <http://marcusquintella.com.br/sig/lib/uploaded/producao/ESTUDO_DE_BITOLAS.pdf>. Acesso em: 26 out. 2017.
- [2] LUIZ, S. **Conexão engenharia do futuro**, 2011. Disponível em: <http://eng-civilsergiopexotto.blogspot.com.br/2011_11_01_archive.html> Acesso em: 26 out. 2017.
- [3] LISBOA, S. Editora Abril. Super Interessante. **Por que o transporte ferroviário é tão precário no Brasil?** 2013. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/cotidiano/transporte-ferroviario-tao-precario-brasil-740045.shtml>>. Acesso em: 26 out. 2017.
- [4] FERROPAR, Ministério dos Transportes. Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A – FERROESTE. **Histórico da ferrovia**, 2007. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/bit/03-ferro/3-princ-ferro/1-princ-emp-ferro/ferropar/links/inf-fepar.htm>>. Acesso em: 26 out. 2017.
- [5] MELLO, A. Jornal Hoje. **Industrialização**, 2008. Disponível em: <<http://www.jhoje.com.br/17082008/politica.php>>. Acesso em: 28 jun. 2014.
- [6] MAGALHÃES, P. C. **Via Permanente**. Notas de aulas na especialização em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar de Engenharia. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://transportes.ime.eb.br>>. Acesso em: 26 out. 2017.



LIGANTES ASFÁLTICOS MODIFICADOS COM RESÍDUOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

M. E. Guimarães¹; R. O. Souza²

^{1,2} Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Av. Tancredo Neves, nº 6713,
Parque Tecnológico da Itaipu (PTI), Foz do Iguaçu/PR
marciogeng@hotmail.com¹, ricardo.souza@unila.edu.br²

Resumo: No Brasil, a pavimentação de ruas, avenidas e estradas é executada quase que totalmente com misturas asfálticas. Nessas misturas, o ligante asfáltico tem papel fundamental na coesão, resistência ao afundamento de trilha de roda, à fadiga e ao trincamento térmico. O desempenho desse ligante pode ser melhorado com a adição de modificadores (SBS, EVA, HDPE, borracha de pneus, etc.). Este artigo apresenta uma revisão de literatura sobre ligantes asfálticos modificados com resíduos, com o objetivo de apresentar o que tem se discutido e qual o real desempenho acerca desses materiais. Os trabalhos analisados foram pesquisados na base de dados Web of Science através de filtros com palavras chaves obtendo-se os artigos mais relevantes, cujos resultados são apresentados. Com o trabalho percebeu-se a crescente utilização de modificadores poliméricos, demonstrando que as propriedades desses materiais são propícias na produção de ligantes asfálticos modificados.

Palavras-chave: Ligante asfáltico, Resíduos, Desempenho.

Abstract: In Brazil, the paving of streets, avenues and roads is almost entirely executed with asphalt mixtures. In these mixtures, asphalt binder plays a fundamental role in cohesion, resistance to permanent deformation, fatigue and thermal cracking. Binder performance can be improved by the addition of modifiers such as SBS, EVA, HDPE, tire rubber, etc. This paper presents a literature review about residue modified asphalt binders, aiming to show what has been discussed and how is the real performance of these materials. The analysed papers were searched in the “Web of Science” database with key words filters to obtain the most relevant papers, whose results are presented. We identified an increasing use of polymeric modifiers, which shows that the properties of these materials are propitious for modified asphalt binders production.

Keywords: Asphalt binder, Wastes, Performance.

1 Introdução

As estradas brasileiras, nos dias atuais, se encontram em um estado muito precário devido ao alto custo de manutenção, causando assim insegurança e prejuízo econômico. Nessa perspectiva, o estado de conservação das rodovias impacta diretamente no desempenho econômico de uma determinada região, ou mesmo de um País [1].

A superfície de rolamento de alguns pavimentos asfálticos, com o passar do tempo, começa a apresentar defeitos, esses causam desconforto, reduzem a segurança e conseqüentemente elevam os custos para os usuários. Trincas por fadiga e o acúmulo de deformação permanente nas trilhas de rodas são os principais defeitos dos pavimentos asfálticos. Uma das causas dessas ocorrências é a baixa resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas, que depende da susceptibilidade térmica do ligante asfáltico [2]. Pesquisas tem se intensificado cada vez mais nessa área, analisando as ocorrências de defeitos e como solucioná-los. Um exemplo de solução que pode ser adotada para corrigir esses problemas é a utilização de modificadores para ligantes asfálticos, com o intuito de melhorar a qualidade do ligante e, conseqüentemente, melhorar o desempenho do pavimento. Nesse contexto, modificadores como SBS, EVA, polímeros, borracha de pneus, etc., na pavimentação asfáltica, melhoram o desempenho dos asfaltos, contribuindo para a redução da formação de defeitos efetivos [3, 4].

Estudos sobre incorporação de resíduos em ligantes asfálticos têm aumentado nos últimos anos incisivamente. Os resíduos são oriundos das atividades humanas e da natureza, podendo assim, além de tudo, contribuir com a proteção ao meio ambiente.

O betume ou ligante asfáltico é caracterizado como um material viscoelástico que apresenta boas propriedades mecânicas e reológicas. Como o crescimento do número de veículos nas estradas é contínuo, é necessário que haja um melhoramento nas propriedades (resistência, fadiga, fissuras a baixa temperatura, etc..) dos asfaltos [4].

Este trabalho de revisão apresenta uma pesquisa bibliográfica sobre ligantes asfálticos modificados com resíduos. Ao longo do artigo é explanado sobre o desempenho dos ligantes asfálticos encontrados na base de dados Web of Science para a pesquisa. É apresentada uma tabela resumo onde é possível notar quais foram os principais resultados obtidos pelos autores nas pesquisas, como também o resíduo modificador e as características de preparo da mistura asfáltica.

2 Metodologia

A revisão de literatura é utilizada para tratar sobre o tema e o problema abordado. Através do processo de levantamento e análise da literatura publicada é traçado um quadro teórico em que se sustentará o desenvolvimento da pesquisa [5].



Para a elaboração da presente revisão de literatura cinco etapas foram seguidas: Etapa 1: Lacuna a ser preenchida com a revisão - Os ligantes asfálticos modificados com resíduo vêm sendo estudados com maior ênfase nos últimos anos? Pode-se saber o que tem se discutido a respeito desses materiais e qual o desempenho dos mesmos?

Etapa 2: Escolha da base de dados - A base escolhida para esta revisão foi a *Web of Science*. A escolha se deu por ser uma das bases de dados mais usadas pelo meio acadêmico mundial, e também por ser uma base multidisciplinar que indexa somente os periódicos mais citados em suas respectivas áreas. O acesso se deu através do site da Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), com liberação para estudantes da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA).

Etapa 3: Definição de terminologia base (palavras chaves da pesquisa) - Foram definidas as terminologias adotadas para a pesquisa, onde adotou-se as palavras chaves: *asphalt**, *binder*, *modifier*, *bitumen* e *waste* (as palavras foram pesquisadas em inglês para que a busca se ampliasse, não ficando os resultados restritos à publicações em português).

Etapa 4: Critérios de inclusão e exclusão (definição do número da amostra) - Na interface da base Web of Science, no item busca, foram inseridas as palavras “*asphalt* binder modifier*” retornando 414 arquivos, com o auxílio do termo “AND” (ferramenta de busca que significa “e”) se acrescentou a palavra “*bitumen*”, assim reduzindo para 207 arquivos. Por ser um número ainda expressivo adicionou-se mais uma palavra para restringir a busca em menos resultados e que os mesmos fossem mais específicos a temática abordada no artigo, nesse caso “and *waste*”, resultando agora em 45 arquivos. O próximo passo foi fazer um filtro analisando títulos e resumos de cada publicação, observando a relevância do estudo e se o mesmo estaria no âmbito da investigação, sendo descartados 35 artigos, dentre os quais esses eram artigos de revisão, análise dos agregados para pavimentação, análise reológica dos pavimentos. Alguns apresentavam apenas informações sobre a funcionalidade do pavimento asfáltico, outros estudavam apenas o envelhecimento dos pavimentos e uns estavam fora do âmbito do estudo de ligante asfáltico. Assim, obteve-se uma amostra de estudo com 10 artigos. Foi incluído ao número final da amostra, mais um artigo, que apresenta o uso de resíduo de óxido de alumínio, por ser um estudo recente, ficando a amostra final do estudo de revisão constituída por 11 artigos.

Etapa 5: Análise, apresentação e discussão dos resultados obtidos - Criou-se uma tabela com todas as informações necessárias para responder à pergunta que se teve em relação aos ligantes e possibilitar uma análise mais apurada dos dados obtidos e se chegar ao resultado que o trabalho buscava. Nessa tabela, incluiu-se para cada artigo, o título e ano da publicação, o(s) autor(es), resíduo modificador, tempo de mistura (minutos), temperatura de mistura (°C), adição do modificador em peso (%), o ligante base, velocidade de rotação durante o processo de mistura (rpm) e o resultado que o estudo apresentou. A apresentação desses resultados para a discussão foi realizada através de uma tabela resumo de forma descritiva, para possibilitar uma melhor compreensão e atingir de forma positiva e coerente o objetivo desse trabalho.

Na Tabela 1, tem-se 11 trabalhos distintos, que abordam diferentes tipos de modificadores. Por mais que apresentem a utilização do mesmo resíduo modificador, mudando-se a concentração, logo as propriedades do ligante serão alteradas [6].

Ao se analisar o quadro resumo, percebeu-se que todos os trabalhos pesquisados na plataforma *Web of Science* tratam de ligantes asfálticos modificados com resíduos poliméricos das mais variadas formas. O único que não apresentou essa característica foi o trabalho incluído, proveniente de materiais metálicos, isso demonstra que com o passar do tempo, as propriedades dos materiais poliméricos são propícias para utilização em ligantes asfálticos.

Os ligantes asfálticos modificados conferem às misturas betuminosas, menor susceptibilidade térmica e uma maior flexibilidade, ou seja, respondem com maior ênfase às solicitações dos pavimentos, e também maior resistência ao envelhecimento durante a vida útil [6, 9].

Para a maioria das aplicações rodoviárias, os asfaltos convencionais têm bom comportamento, satisfazendo plenamente os requisitos necessários para o desempenho adequado das misturas asfálticas sob o tráfego e sob as condições climáticas. No entanto, para condições de volume de veículos comerciais e peso por eixo crescente, ano a ano, em rodovias especiais ou nos aeroportos, em corredores de tráfego pesado canalizado e para condições adversas de clima, com grandes diferenças térmicas entre inverno e verão, tem sido cada vez mais necessário o uso de modificadores das propriedades dos ligantes asfálticos [6].

3 Resultados

Na tabela resumo a seguir (Tabela 1) são apresentados em ordem cronológica os resultados obtidos pela pesquisa.



Tabela 1 – Tabela resumo dos resultados da pesquisa.

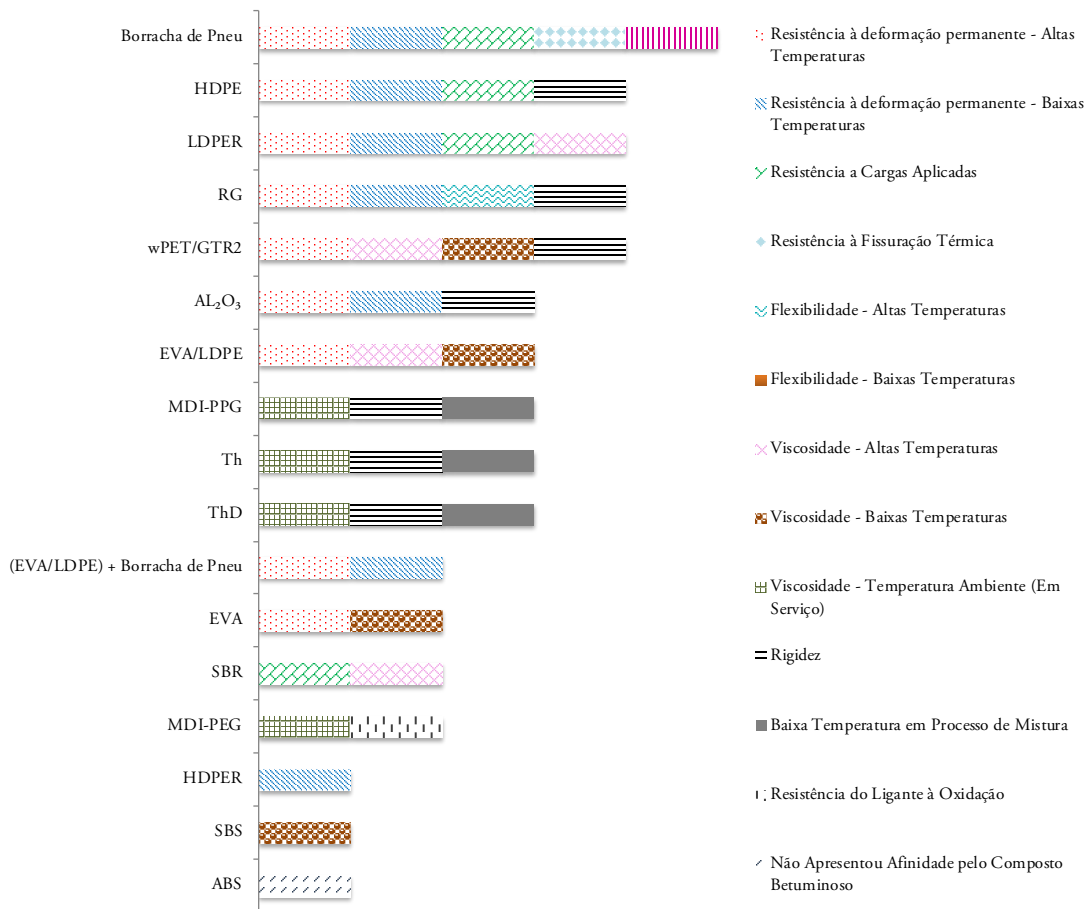
Titulo e Ano	Autores	Resíduo Modificador	Tempo de Mistura (minutos)	Temperatura (°C)	Adição do modificador em peso (%)	Ligante Base	Velocidade de rotação durante a mistura (rpm)	Resultados
Utilização de resíduos de polietileno de alta densidade como modificador de betume em mistura de concreto asfáltico (2004)	Hınıslıoglu. S.; Agar. E.	Polietileno de alta densidade (HDPE)	5, 15 e 30	145, 155 e 165	4, 6 e 8	60/70	200	Melhorou a resistência á deformações permanentes devido à sua alta estabilidade, apresentou maior rigidez, com maior capacidade de aplicação de carga no pavimento.
Comportamento termo-reológico e estabilidade de armazenamento de betumes modificados com pneu moído de borracha (2004)	Navarro. F. J.; Partal. P.; Martı nez-Boza. F.; Gallegos. C.	Borracha de pneu	90	180	9	60/70	1200	Melhorou a resistência a deformações permanente em altas temperatura, como também à fissuração térmica e aumentou a flexibilidade do betume a baixas temperaturas.
Uso de polietileno de alta densidade reciclado irradiado como modificador para betume (2017)	Ahmedzade. P.; Günay. T.; Grigoryeva. O.; Starostenko. O.	Polietileno de alta densidade reciclado (HDPER)	15	170	1, 3, 5, 7 e 9	160/220	1300	Melhorou a temperatura de suscetibilidade do betume e as propriedades físicas, permitindo que o modificador possa ser usado como betume especial para evitar deformações permanentes.
Propriedades reológicas do estireno butadieno de borracha em ligante betuminoso modificado (2016)	Yaacob. H.; Mughal. M. A.; Jaya. R. P.; Hainina. M. R.; Jayantib. D. S.; Wanc. C. N. C.	Estireno butadieno de borracha (SBR)	60	130 a 140	1, 2, 3, 4 e 5	60/70	800 a 1000	Aumentou significativamente a viscosidade do ligante a altas temperaturas. A viscosidade significa que haverá menos chance de perder a resistência a altas temperaturas e resistirá à esforço maiores de carga.
Efeito da adição de resíduo de polímero na reologia do betume modificado (2006)	García-Morales. M.; Partal. P.; Navarro. F. J.; Gallegos. C.	Acetato de Vinil de etileno (EVA); EVA+Polietileno de baixa densidade (EVA/LDPE); Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) e Borracha de pneu	360	180	EVA - 5 e 9; EVA/LDPE - 5 e 9; ABS - 9; Borracha de pneu - 9; (EVA/LDPE + Borracha de pneu) - 5 (2,5+2,5), 7 (3,5+3,5) e 9 (4,5+4,5)	60/70	1200	A borracha de pneu tornou-se o aditivo mais interessante para a modificação a baixas temperaturas fornecendo maior flexibilidade, o que o torna mais resistente em relação aos carregamentos devido ao alto trafego. A mistura composta por EVA e EVA/LDPE exibe resultados bastante promissores á altas temperaturas. O ABS não mostra qualquer tipo de afinidade pelos compostos de ligantes betuminosos. Nas misturas que foram adicionados dois tipo de resíduos (EVA/LDPE) + Borracha de pneu com 7% (3,5+3,5) melhorou o seu comportamento térmico em relação à temperatura como um todo.

Titulo e Ano	Autores	Resíduo Modificador	Tempo de Mistura (minutos)	Temperatura (°C)	Adição do modificador em peso (%)	Ligante Base	Velocidade de rotação durante a mistura (rpm)	Resultados
Modificação do betume com Polímeros reativo e não-reativo (virgem e reciclado): Uma análise comparativa (2009)	Navarro. F. J.; Partala. P.; García-Morales. M.; Martín-Alfonso. M. J.; Martínez-Bozaa. F.; Gallegosa. C.; Bordadob. J. C. M.; Diogoc. A. C.	Não-reativos: EVA; EVA/LDPE; Estireno butadieno estireno (SBS); Borracha de pneu e Reativos: Difenilmetano diisocianato - Polietileno glicol (MDI-PEG).	50,90 e 120	180 e 90	EVA - 5; EVA/LDPE - 5; SBS - 3; Borracha de pneu - 9; MDI-PEG - 0,5, 1 e 1,5	60/70	1200	O uso de EVA/LDPE com 5% de adição em peso, proporcionou maior viscoelasticidade em todas as faixas de temperatura. O EVA e o SBS apresentaram aumento de viscoelasticidade em baixas temperaturas. Os polímeros não reativos são em grande parte instáveis a alta temperatura. O MDI-PEG apresenta significativo aumento em relação a oxidação. Embora esse polímero reativo não induzir modificação significativa no ligante resultante, logo após o processamento, o módulos viscoelásticos e viscosidade aumentaram significativamente quando curado em temperatura ambiente.
Modificadores de betume de asfalto para temperatura reduzida: Uma Análise comparativa entre três aditivos poliméricos e não poliméricos (2014)	Cuadri. A. A.; Carrera. V.; Izquierdo. M. A.; García-Morales. M.; Navarro. F.J.	Não Poliméricos: Dióxido de tioureia (ThD); Tioureia (Th) Polimérico: Difenilmetano disocianato - polipropileno glicol (MDI-PPG)	60	130, 180 e 90	ThD - 3 e 9; Th - 3 e 9 e MDI-PPG - 4	150/200	1200	As análises revelaram que os ligantes modificados betuminosos evoluíram para materiais altamente viscosos quando submetidos à cura ambiente, podem contribuir na redução da temperatura do asfalto durante o processo de mistura. Espera-se que eles sofram um aumento na viscosidade quando estiverem em serviço, logo melhoraria ainda mais seu desempenho como um todo.
Uso de Geomembranas Recuperadas para modificação de desempenho mecânico de ligantes betuminosos (2016)	García-Travé. G.; Tauste. R.; Navarro F. N.; Sánchez. M. S.; Gámez. M. C. R.	Geomembranas Recuperadas (RG)	60, 90 e 120	165	3, 5 e 7	50/70	350	Aumentou a resistência à deformação permanente, a rigidez e a elasticidade, reduzindo a variação de temperatura e assim estende sua vida útil em relação a fadiga, o que pode resultar em maior desempenho contra deformação plástica, particularmente em altas temperaturas.
Formulação e processamento de materiais reciclados de polietileno de baixa densidade Emulsões de betume modificado para asfalto de temperatura reduzida Tecnologias (2016)	Cuadri.A. A.; Roman. C.; García-Morales. M.; Guisado. F.; Moreno. E.; Partal. P.	Polietileno de baixa densidade reciclado (LDPER)	60	170	2, 3, 4 e 5	160/220 e 70/100	5000	Melhorou a viscosidade e o desempenho do betume em altas temperaturas, logo aumentando a resistência permanente, assim resistindo às deformações de afundamento de roda nos pavimentos.

Titulo e Ano	Autores	Resíduo Modificador	Tempo de Mistura (minutos)	Temperatura (°C)	Adição do modificador em peso (%)	Ligante Base	Velocidade de rotação durante a mistura (rpm)	Resultados
Modificação das características térmicas e reológicas do betume por misturas de Resíduos de PET / GTR (2016)	Karahrodi. M. H.; Jazani. O. M.; Paran. S. M. R.; Formela. K.; Saeb. M. R.	Resíduo de tereftalato de polietileno (wPET) / Borracha de pneu de terra (GTR)	15 + 45	150	3, 5 e 7	60/70	Inicial 350, Continuado com 3000	Melhorou as suas propriedades de processamento (viscosidade, estabilidade térmica), rigidez e resistência permanente á altas temperaturas.
Caracterização de desempenho de Nanoparticulas de oxido de alumínio em ligante asfáltico modificado (2016)	Albrka Alia. S. I; Ismaila. A.; Yusoffa. N. I. M.; Hassanb. N. A.; Ibrahima. A. N. H.	Nanoparticulas de oxido de alumínio (AL ₂ O ₃)	90	170	3, 5 e 7	60/70	5000	Descobriu-se que a dureza dos ligantes de asfalto modificados aumentou com a adição de nano AL ₂ O ₃ até 5%. Com o resultado do aumento da dureza, o ponto de amolecimento do asfalto modificado melhora em relação ao ligante de base. As propriedades reológicas dos ligantes modificados foi melhorou á baixa e altas temperaturas.

As propriedades dos ligantes asfálticos têm sido constantemente melhoradas por aditivos poliméricos nos últimos tempos. Os polímeros normalmente usados na modificação de ligantes asfálticos incluem copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBS), borracha de estireno-butadieno (SBR), etileno acetato de vinilo (EVA), polietileno (LDPE, HDPE, etc.) e polímeros de resíduos (plásticos da agricultura, borracha de pneu, etc.). As suas características de mistura em betume podem afetar significativamente as propriedades das misturas resultantes, bem como os seus custos [6, 7]. Em princípio, esse melhoramento nas propriedades físicas e reológicas pode ser uma consequência de possíveis ligações ou interações químicas entre as moléculas do ligante com o polímero modificador, resultando na melhoria do desempenho dos ligantes tradicionais, através da resistência aos problemas de afundamento por trilha de roda, trincamento térmico e dano por fadiga [8]. Na Figura 1 são apresentadas as propriedades dos ligantes asfálticos melhoradas com a adição dos resíduos modificadores, de acordo com as pesquisas analisadas.

A deformação permanente, tanto a altas quanto a baixas temperaturas, e à rigidez, são as propriedades mais decorrentes das modificações ocorridas pela adição do resíduo nos trabalhos analisados. Isso ocorre pela dificuldade que os ligantes asfálticos convencionais tem de resistir aos defeitos.



O defeito à deformação permanente é uma das preocupações, quando se pensa em pavimentação asfáltica, podendo ser devido à manifestação de dois fenômenos, isoladamente ou combinados: a consolidação das camadas do pavimento ou algum problema associado ao projeto ou à execução da mistura asfáltica que leve à pós-compactação excessiva ou ao fluxo plástico sem variação volumétrica da mistura asfáltica. A deformação permanente nos revestimentos asfálticos é caracterizada por depressões longitudinais nas trilhas de roda, as quais aumentam com as solicitações das cargas repetidas impostas pelo tráfego de veículos [10].

Trata-se de um problema observado principalmente em lugares de clima tropical, onde as temperaturas dos pavimentos asfálticos são muito elevadas. Por se notar isso, vem a importância de pesquisas que busquem materiais ou combinações dos mesmos que retardem e/ou amenizem esse defeito. Muitos estudos abordaram a modificação de ligantes asfálticos com utilização de diversos tipos de aditivos. Essas modificações visam a melhoria de propriedades da mistura asfáltica, tais como: (i) resistência à deformação permanente, (ii) resistência à fadiga, (iii) resistência ao trincamento térmico, (iv) resistência ao dano por umidade (melhoria da aderência na interface agregado-ligante), maior rigidez do pavimento, entre outras [4].

A resistência à deformação permanente é afetada pela baixa influência do ligante asfáltico, isso devido ao fato que, com o aumento da temperatura, a consistência do ligante asfáltico diminui e, em temperaturas elevadas, independentemente da maior ou menor consistência, todo ligante asfáltico apresenta comportamento predominantemente viscoso, o que favorece a deformação permanente da mistura asfáltica [11].

4 Conclusões

Com base na análise da pesquisa observou-se uma crescente utilização de modificadores poliméricos, demonstrando que esses materiais são propícios para produção de ligantes asfálticos modificados, pois dos 11 artigos analisados, 10 usam polímeros como resíduo modificador, exceto pelo artigo que usou óxido de alumínio.

Identificou-se uma preocupação implícita em relação aos defeitos de deformação permanente e por fadiga, pois em 9 trabalhos é apresentado como resultado positivo do uso de resíduos em ligantes asfálticos a resistência à deformação permanente (temperaturas altas e baixas), como também à rigidez.

Ligantes asfálticos modificados têm se tornado um tema bastante comum em pesquisas científicas por sua relevante importância para setor rodoviário, devido ao seu alto custo de manutenção. O que mais tem se discutido nos dias atuais em relação a esses materiais, diz respeito a encontrar modificadores que além de contribuir positivamente nas propriedades dos ligantes, ajudem a preservar o meio ambiente.

Agradecimentos

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA).

Referências

- [1] MELO, J. V. S. **Desenvolvimento e estudo do comportamento reológico e desempenho mecânico de concreto asfálticos modificados com nanocompósitos**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/128794>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [2] NEVES FILHO, C. L. D. **Avaliação laboratorial de misturas asfálticas SMA produzidas com ligante asfalto-borracha**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-18122015-105039/en.php>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [3] ROSA, A. P. G.; ROBERTO, A. S.; F. A. C.; ROGÉRIO D. D. R. **Análise comparativa entre asfalto modificado com borracha reciclada de pneus e asfalto modificado com polímeros**. Revista eletrônica Teoria e Prática na Engenharia Civil. Rio Grande do Sul, v, 12, n. 20, p.31-38, Nov.2012. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistapepec/Art4_N20.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [4] YILDIRIM, Y. **Polymer modified asphalt binders**. Revista Internacional Contruction and Building Materials. v, 21, n. 1, p.66-72, Jan. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.07.007>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [5] SILVA, E.L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Santa Catarina, Florianópolis, 4ª ed. revisada e atualizada. 2005. Disponível em: <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [6] BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros**, Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.
- [7] AIT-KADI, A.; BRAHIMI, H.; BOUSMINA, M. **Polymer blends for enhanced asphalt binders**. Revista Polymer Engineering & Science. v. 36, n. 12, p 1724-1733, Jun. 1996. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pen.10568/full>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [8] SILVA, L. S. **Contribuição ao estudo do envelhecimento de Ligantes asfálticos. Influência da adição de Polímeros e comportamento frente a radiação UV**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia) – Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7349/000498535.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [9] BRANCO, F.; PEREIRA, P.; SANTOS, L. P. **Pavimentos rodoviários**. Coimbra, 5ª rp. 2016.
- [10] MAHMOUD, A. F. F.; BAHIA, H. **Using the Gyratory Compactor to Measure Mechanical Stability of Asphalt Mixtures**, Wisconsin Highway Research Program. 2004. Disponível em: <<https://minds.wisconsin.edu/handle/1793/6907>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [11] ONOFRE, F. C.; CASTELO BRANCO, V. T. F.; SOARES, J. B.; FAXINA, A. L. **Avaliação do efeito de ligantes asfálticos modificados na resistência à deformação permanente de misturas asfálticas densas**. Revista eletrônica Transportes. v. 21, n. 3, p.14-21, Set. 2013. Disponível em: <DOI:10.4237/transportes.v21i3.685>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [12] HINISLIOGLU, S.; AGAR, E. **Use of waste high density polyethylene as bitumen modifier in asphalt concrete mix**. Materials Letters, v. 58, n. 3-4, p.267-271, jan. 2004. Disponível em: <Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-577x\(03\)00458-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-577x(03)00458-0)>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [13] NAVARRO, F. J.; PARTAL, P.; MARTÍNEZ-BOZA, F.; GALLEGOS, C. **Thermo-rheological behaviour and storage stability of ground tire rubber-modified bitumens**. Fuel, [s.l.], v. 83, n. 14-15, p.2041-2049, out. 2004. Disponível em: <Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2004.04.003>>. Acesso em: 18 jun. 2017.



- [14] GARCÍA-MORALES, M.; PARTAL, P.; NAVARRO, F. J.; GALLEGOS, C. **Effect of waste polymer addition on the rheology of modified bitumen.** Fuel, [s.l.], v. 85, n. 7-8, p.936-943, maio 2006. Disponível em: <Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2005.09.015>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [15] NAVARRO, F.J.; PARTALA, P.; GARCÍA-MORALES, M.; MARTÍN-ALFONSO, M. J.; MARTÍNEZ-BOZAA, F.; GALLEGOSA, C.; BORDADOB, J. C. M.; DIOGOC, A. C. **Bitumen modification with reactive and non-reactive (virgin and recycled) polymers: A comparative analysis.** Journal Of Industrial And Engineering Chemistry, [s.l.], v. 15, n. 4, p.458-464, jul. 2009. Disponível em: <Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2009.01.003>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [16] CUADRI, A. A.; CARRERA, V.; IZQUIERDO, M. A.; GARCÍA-MORALES, M.; NAVARRO, F.J. **Bitumen modifiers for reduced temperature asphalts: A comparative analysis between three polymeric and non-polymeric additives.** Construction And Building Materials, [s.l.], v. 51, p.82-88, jan. 2014. Disponível em: <Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.009>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [17] YAACOB, H.; MUGHAL, M.A.; JAYA, R.; HAININA, M. R.; JAYANTIB, D. S.; WANC, C. N. C. **Rheological properties of styrene butadiene rubber modified bitumen binder.** Jurnal Teknologi, [s.l.], v. 78, n. 7-2, p.121-126, 26 jul. 2016. Penerbit UTM Press. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11113/jt.v78.9503>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [18] GARCÍA-TRAVÉ, G.; TAUSTE, R.; NAVARRO, F. N.; SÁNCHEZ, M. S.; GÁMEZ, M. C. R. **Use of Reclaimed Geomembranes for Modification of Mechanical Performance of Bituminous Binders.** Journal Of Materials In Civil Engineering, [s.l.], v. 28, n. 7, p.04016021/1 – 0401602/7, jul. 2016. American Society of Civil Engineers (ASCE). Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0001507](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001507)>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [19] CUADRI, A. A.; ROMAN, C.; GARCIA-MORALES, M.; GUIBADO, F.; MORENO, E.; PARTAL, P. **Formulation and processing of recycled-low-density-polyethylene-modified bitumen emulsions for reduced-temperature asphalt technologies.** Chemical Engineering Science, [s.l.], v.156, p.197-205, dez. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2016.09.018>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [20] KARAHRODI, M. H.; JAZANI, O. M.; PARAN, S. M. R.; FORMELA, K. SAEB, M.R. **Modification of thermal and rheological characteristics of bitumen by waste PET/GTR blends.** Construction And Building Materials, v. 134, p.157-166, mar. 2017. Disponível em: <Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.134>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [21] ALBRKA ALIA, S. I.; ISMAILA, A.; YUSOFFA, N. I. M.; IBRAHIMA, A. N. H. **Characterization of the performance of aluminum oxide nanoparticles modified asphalt binder.** Jurnal Teknologi, [s.l.], v. 78, n. 4, p.91-96, 28 mar. 2016. Penerbit UTM Press. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11113/jt.v78.8003>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- [22] AHMEDZADE, P.; GÜNAY, T.; GRIGORYEVA, O.; STAROSTENKO, O. **Irradiated Recycled High Density Polyethylene Usage as a Modifier for Bitumen.** Journal Of Materials In Civil Engineering, [s.l.], v. 29, n. 3, p.04016233-04016233, mar. 2017. American Society of Civil Engineers (ASCE). Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0001757](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001757)>. Acesso em: 18 jun. 2017.



DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* PARA A OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO HORÁRIA DE EQUIPAMENTOS EM OPERAÇÕES DE TERRAPLENAGEM

J. G. C. Azevedo¹; D. F. Vicentini²

^{1,2} *Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210
Jd. das Américas, Curitiba/PR, CEP 81530-000
joao.g-azevedo@uol.com.br¹, vicentini@ufpr.br²*

Resumo: Ferramentas simples são utilizadas há milhares de anos e, com o tempo passaram a se tornar mais robustas. Com o advento dos motores, ferramentas complexas tornaram-se máquinas. Toda essa evolução ocorreu com o mesmo objetivo: aumentar e facilitar a qualidade e quantidade dos serviços realizados. Todos os projetos de construção civil exigem diferentes equipamentos, cada qual para diferentes tipos de aplicações. A dependência humana para com as máquinas vem crescendo cada vez mais, visto que sua facilidade e versatilidade têm se tornado requisitos indispensáveis. O presente trabalho pretende facilitar a utilização de cálculos de produção horária, através da implementação de um algoritmo com interface gráfica moderna e amigável, permitindo realizar sistematicamente os cálculos e apresentar soluções em termos de combinações de equipes mecânicas. O algoritmo, implementado em Visual Basic, utiliza e facilita algumas etapas de cálculo unitário de serviços de acordo com os manuais do DNIT. Através do programa são calculados dados de produção horária, prazos e custos dos serviços, permitindo encontrar a equipe ótima, sob determinados parâmetros. O algoritmo foi aplicado em exemplos disponíveis na literatura para comparação e produziu resultados satisfatórios, gerando gráficos que auxiliam nas decisões do usuário. O algoritmo foi inicialmente idealizado para uso didático, porém seu uso permitirá maior agilidade na tomada de decisões por parte de empresas e organismos.

Palavras-chave: Equipamentos de construção, Custos, Produtividade, Eficiência, Otimização de equipes.

Abstract: Simple tools have been used for thousands of years, becoming stronger with the time. With the advent of engines, complex tools became machines. All this evolution occurred with the same objective: to increase and facilitate the quality and quantity of services performed. All construction projects require different equipment, each one for different types of applications. Human dependence on machines has been growing more and more since its facility and versatility have become essential requirements in projects. The present work intends to facilitate the use of hourly production calculations, through the implementation of an algorithm with a graphical modern and user interface, allowing the systematic perform of calculations and present solutions of combinations of mechanical teams. The algorithm was implemented in Visual Basic environment. It uses and facilitates some steps of unit cost of services, according to DNIT standards. The program generates production, time and cost data, allowing to find the optimal team, under certain parameters. The algorithm was applied in examples available in the literature, presenting satisfactory results. It also generates graphics for decisions which will give support to the user. The algorithm was initially idealized for didactic applications, nevertheless its use will also allow faster decision-making for companies and organizations.

Keywords: Construction equipment, Costs, Production, Efficiency, Team optimization.

1 Introdução

Construções de estradas, ferrovias, aeroportos, edificações, obras de infraestrutura, ou até mesmo um pequeno conjunto residencial exigem, em sua maioria, operações prévias de terraplenagem, para posterior execução do projeto a ser implantado. Assim, pode-se dizer que todas as obras de Engenharia Civil de grande, médio, ou pequeno porte exigem trabalhos de movimentação de terras [1].

Os serviços de terraplenagem e pavimentação, por lidarem com a movimentação de milhares de toneladas de material e um grande número de equipamentos pesados, requerem uma atenção especial por parte dos construtores e dos órgãos contratantes. Assim, é necessário que a movimentação dos materiais entre cortes, jazidas e aterros seja feita de forma racional para que se consiga uma redução no custo das obras [2].

A necessidade e a dependência de equipamentos de construção pesados têm crescido com o tamanho e a complexidade dos projetos. O desenvolvimento de equipamentos automatizados para movimentação de terras, escavação e acabamento, entretanto vem ocorrendo somente desde os dois últimos séculos [3].

Ao analisar a história dos equipamentos, é notável observar que as operações e os princípios mecânicos para a maioria deles são basicamente os mesmos de suas primeiras versões, criadas há séculos atrás. Ferramentas simples eram normalmente utilizadas para construir um ambiente melhor para se viver. Elas melhoravam a velocidade, a quantidade e a qualidade das atividades que eram realizadas pelo homem. Com o decorrer dos séculos, ferramentas mais complexas começaram a ser pensadas. Passou-se a utilizar outras forças, que não a do homem, para a realização de atividades, entre elas estão a força das águas e dos ventos, através das rodas d'água e moinhos de vento.

O maquinário pesado usado atualmente é resultado de grandes melhorias baseadas na necessidade de se trabalhar com maior eficiência, efetividade e segurança. Basicamente, os desenvolvimentos existentes nesta área foram baseados em redução nos custos, aumento na velocidade e melhorias na segurança [3].

Tendo em vista a grande importância dos equipamentos de construção civil para a terraplenagem, foi traçado como objetivo buscar uma forma de melhorar essas atividades. Uma das formas mais eficazes é trazendo mais efetividade nas escolhas e, com isso, melhorar a produção e consequentemente os prazos e custos.

Durante a fase de construção, a seleção correta dos equipamentos tem sido um fator importante para o sucesso de qualquer projeto [4]. No entanto, em grande parte dos casos, o responsável pelo projeto, através de sua experiência, escolhe intuitivamente os tipos, quantidades, capacidades entre outras características necessárias de tais equipamentos, sem o uso de métodos apropriados, incidindo diretamente na eficiência da produção.



O presente trabalho pretende facilitar a utilização de tais cálculos, através do desenvolvimento de um *software* com interface gráfica moderna e amigável, ou seja, um programa que realize sistematicamente os cálculos, agilizando e auxiliando seu usuário na decisão por um equipamento ou equipe mecânica com vistas à maior produtividade e eficiência, redução de custos e prazo.

2 Metodologia

Buscando cumprir com os objetivos do trabalho, a seguir são apresentadas as delimitações do estudo, a metodologia utilizada, os procedimentos seguidos, o *software* desenvolvido e outros itens que foram testados.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, verificou-se uma grande diversidade de equipamentos, em diferentes áreas, portanto houve a necessidade de delimitação do escopo de estudo. Assim, foram identificadas três principais áreas de atuação dos equipamentos na construção: terraplenagem, pavimentação e drenagem [5], das quais são apresentados (Tabela 1) um resumo das operações e composição de seus custos unitários:

Tabela 1 – Operações e composição dos custos unitários para as principais atividades na construção [5].

	Materiais	Mão de obra	Equipamentos	Transporte
Terraplenagem	18%	15%	52%	15%
Pavimentação	74%	3%	19%	4%
Drenagem	69%	23%	4%	4%

De acordo com a Tabela 1, é possível observar que a terraplenagem é a atividade cujo custo unitário é mais influenciado pelo uso de equipamentos (ultrapassando 50% do custo da atividade), sendo esta a razão de sua escolha. No âmbito desta atividade, alguns dos equipamentos mais comuns foram selecionados: pá carregadeira, caminhão basculante, escavadeira hidráulica, rolo compactador, motoniveladora, e caminhão espargidor/irrigador.

Para a realização do cálculo do custo unitário do serviço, é também calculado o custo operacional dos equipamentos, em que incidem depreciação, juros, manutenção, material e mão de obra. Essa etapa foi substituída pela utilização do custo horário do equipamento, ou seja, foi considerado que o usuário já possui, em seus históricos, o custo de seu equipamento, ou poderá ser realizada a locação do equipamento, prática muito usual em obras de terraplenagem. Neste trabalho serão utilizados valores de aluguel, obtidos através da *startup* COLLOC, a fim de se obter de resultados mais práticos.

2.1 Composição de custos

O objetivo do *software* criado é facilitar a utilização dos procedimentos encontrados em [6, 7, 8]. Em [6], o procedimento em que a produção horária dos equipamentos é calculada, é chamado de método teórico. De acordo com o serviço a ser realizado, os equipamentos são escolhidos e combinados, para então identificar as variáveis intervenientes, e assim calcular suas produções horárias individuais e definir a produção horária de toda a equipe.

Para implementar esta etapa, foi utilizada a planilha de produções das equipes mecânicas, como no exemplo extraído de [7], apresentado na Fig. 1:

CÓDIGO	SERVIÇO	UNIDADE				
	VARIAVEIS INTERVENIENTES	UNIDADE	EQUIPAMENTOS			
a	AFASTAMENTO					
b	CAPACIDADE					
c	CONSUMO (QUANTIDADE)					
d	DISTÂNCIA					
e	ESPAÇAMENTO					
f	ESPESSURA					
g	FATOR DE CARGA					
h	FATOR DE CONVERSÃO					
i	FATOR DE EFICIÊNCIA					
j	LARGURA DE OPERAÇÃO					
l	LARGURA DE SUPERPOSIÇÃO					
m	LARGURA UTIL					
n	NUMERO DE PASSADAS					
o	PROFUNDIDADE					
p	TEMPO FIXO (CARGA, DESCARGA E MANOBRA)					
q	TEMPO PERCURSO (IDA)					
r	TEMPO DE RETORNO					
s	TEMPO TOTAL DE CICLO					
t	VELOCIDADE (IDA) MÉDIA					
u	VELOCIDADE RETORNO					
OBSERVAÇÕES		FÓRMULAS				
PRODUÇÃO HORÁRIA						
NÚMERO DE UNIDADES						
UTILIZAÇÃO OPERATIVA						
UTILIZAÇÃO IMPRODUTIVA						
PRODUÇÃO DA EQUIPE						
MT/DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes		PRODUÇÃO DAS EQUIPES MECÂNICAS				
SISTEMA DE CUSTOS RODOVIÁRIOS – SICR02						

Figura 1 – Planilha de produção das equipes [7].



Para preenchimento desta planilha, as fórmulas de cálculo para obtenção das produções horárias, foram obtidas a partir de [8, 9], e são apresentadas na Tabela 2, sendo as variáveis: C = capacidade volumétrica (m³), f = fator de conversão de volume, f1 = fator de carga, E = eficiência do equipamento, T = tempo de ciclo completo (minutos), L = largura útil (metros), v = velocidade (m/min), n = número de passadas, D = distância (metros), e = espessura (metros), c = consumo (em l/m³).

Tabela 2 – Fórmulas de cálculo para produção horária [8, 9].

Equipamento	Produção horária (m ³ /h)	
Pá carregadeira	$Ph = \frac{60 \cdot C \cdot f \cdot f1 \cdot E}{T} m^3/h$	(1)
Rolo compactador	$Ph = \frac{60 \cdot e \cdot E \cdot L \cdot v}{n} m^3/h$	(2)
Caminhão basculante	$Ph = \frac{60 \cdot C \cdot E}{T} m^3/h$	(3)
Escavadeira hidráulica	$Ph = \frac{60 \cdot C \cdot f \cdot f1 \cdot E}{T} m^3/h$	(4)
Motoniveladora	$Ph = \frac{60 \cdot D \cdot e \cdot E \cdot L}{n \cdot T} m^3/h$	(5)
Caminhão espargidor	$Ph = \frac{60 \cdot C \cdot E}{c \cdot T} m^3/h$	(6)

A planilha de custo unitário de serviço também sofreu reduções, sendo utilizada apenas a parte A (Fig. 2):

CUSTO UNITÁRIO DO SERVIÇO						
SERVIÇO:					UNIDADE:	
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		CUSTO OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
1	2	3	4	5	6	7
				A		
(A) TOTAL						

Figura 2 – Planilha de custo unitário do serviço. Em detalhe, a parte A [7].

Todos os itens da parte A serão calculados, exceto o custo operacional, que será substituído pelo custo de aluguel da máquina, como mencionado acima.

A partir da produção horária da equipe e da quantidade de material do serviço, o tempo necessário para sua realização é calculado.

2.2 Desenvolvimento do *software*

Para criação do *software* foi utilizada a linguagem de programação *Visual Basic*, derivada do *Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code (BASIC)*, escolhida pela facilidade de aprendizado e por apresentar uma interface de usuário interessante, permitindo adicionar uma série de ferramentas dinâmicas e menus iterativos (check-box, listas, botões, geração de gráficos).

Microsoft Visual Studio Community foi o *software* utilizado juntamente/acoplado ao *Visual Basic*, sendo ambos de livre utilização para programas com linguagem aberta, um exemplo da tela principal do programa pode ser visto na Fig. 3. O manual do usuário foi criado através do programa *Dr.Explain*.

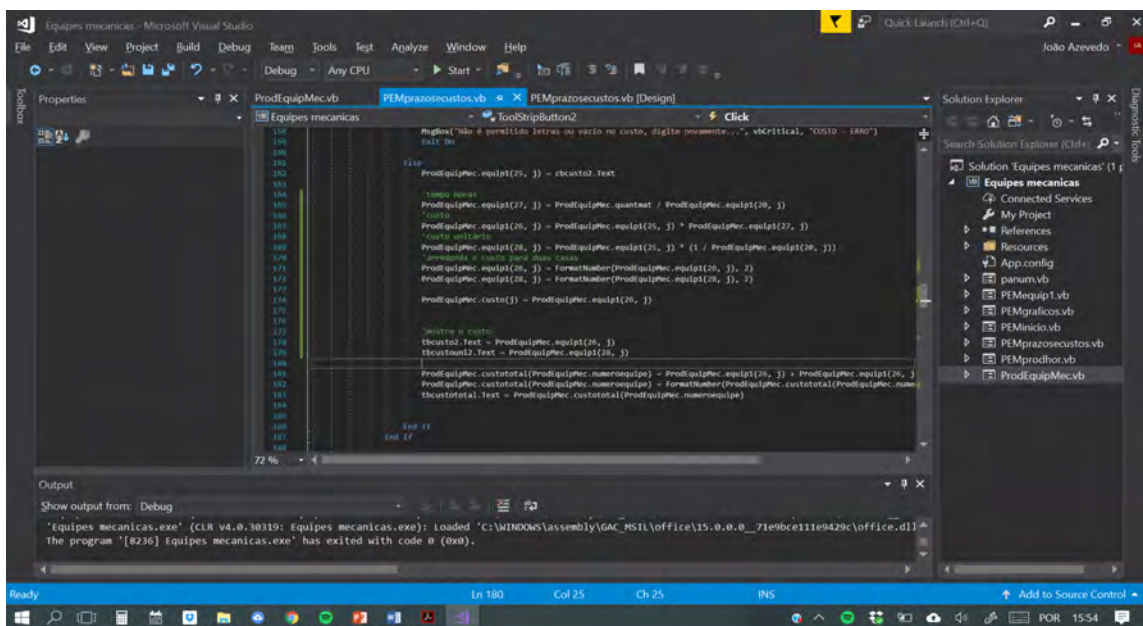


Figura 3 – Interface do programa Microsoft Visual Studio.

As etapas realizadas na implementação podem ser resumidas através de um fluxograma, mostrando o processo de funcionamento do programa, e indicado na Fig. 4.

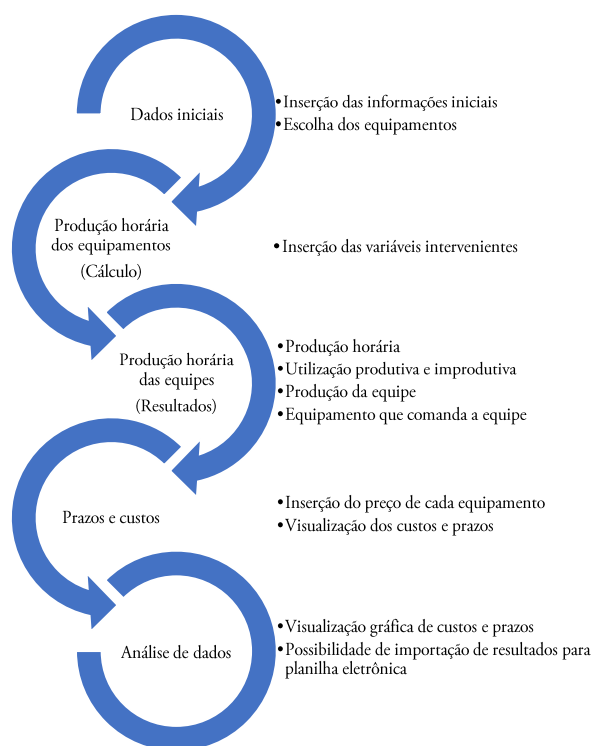


Figura 4 – Fluxograma de funcionamento do *software*.

3 Resultados

O presente trabalho permitiu gerar um programa em interface *windows*, capaz de calcular a produção horária de equipamentos e equipes, capaz de realizar uma análise comparativa entre estes, além do custo final da operação e o tempo do serviço.

Nas Fig. 5 e Fig. 6 são mostradas como exemplo duas telas do programa, geradas a partir de um exemplo retirado da literatura [8], onde pede-se que seja calculado o prazo de execução de um serviço de transporte de 14160,0 m³ de areia solta, empregando-se cinco caminhões basculantes e uma pá carregadeira de pneus (pág. 65). Os gráficos gerados podem auxiliar na decisão, comparando os custos de equipamentos de uma mesma equipe, e assim ajudar a identificar equipamentos onerosos. Deste modo, na Fig. 5, é apresentado um gráfico comparativo entre os custos de uma equipe formada por uma pá carregadeira e cinco caminhões basculantes, realizada através do dimensionamento com a equipe disponível. Para comparação foi selecionada uma equipe de pá carregadeira e caminhão, porém com o dimensionamento ótimo (obtido com a utilização do *software*), o que resultou no número de sete caminhões basculantes.

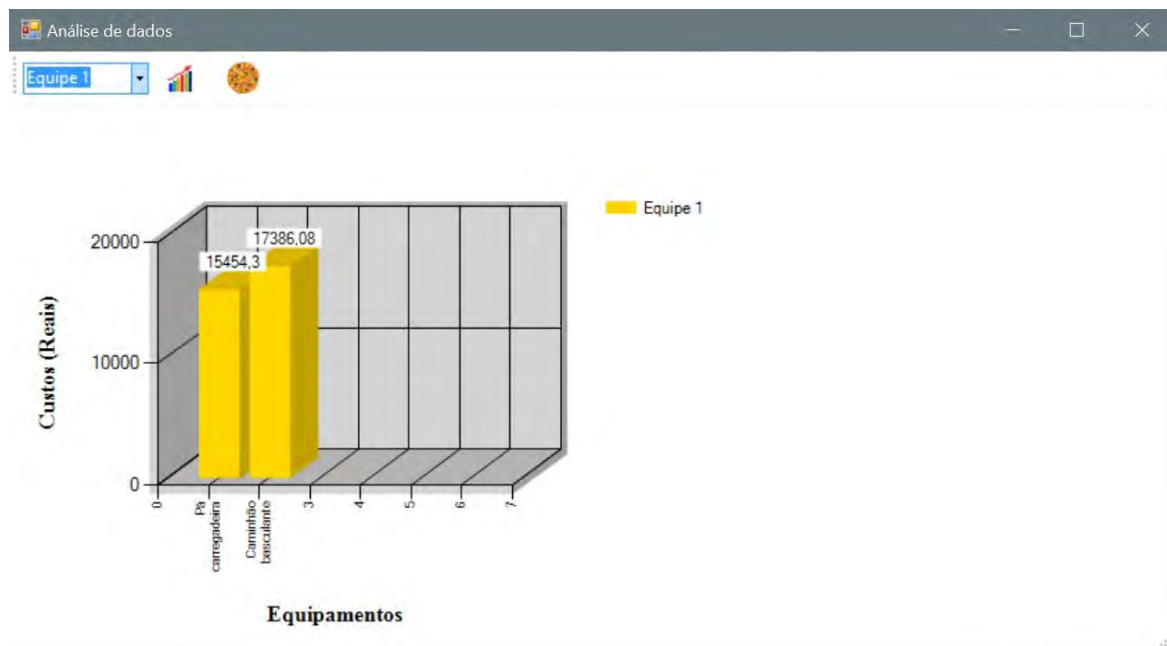


Figura 5 – Custo dos equipamentos para uma equipe.

Na Fig. 6 é apresentado um gráfico emitido pelo *software* com o comparativo entre as duas equipes, selecionadas para a mesma atividade, porém com uma combinação diferente de equipamentos: 1) Uma pá-carregadeira e cinco caminhões, equipe disponível (o número de equipamentos é selecionado pelo usuário) e 2) Uma pá carregadeira e sete caminhões, equipe ótima (onde o número de caminhões é calculado pelo *software*).

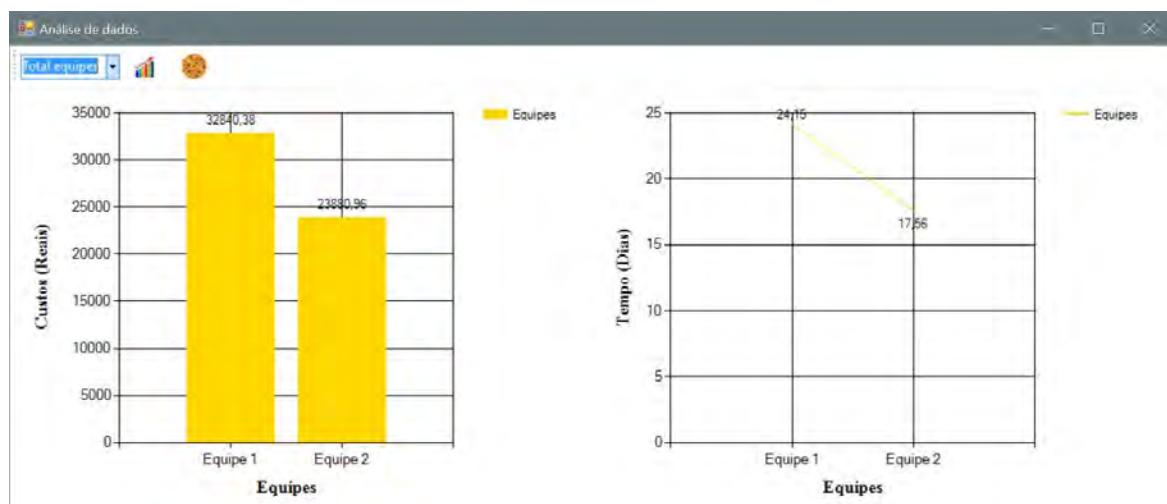


Figura 6 – Custo e prazos de equipes.

Assim, de acordo com este exemplo, a equipe 2 apresentou melhor produtividade e menores custos, com sete dias a menos de serviço que a equipe 1. Isso se deve ao fato de o equipamento que



limita a produção horária ser a pá carregadeira ao invés do caminhão, como na equipe 1. Por ter uma produção maior em relação ao caminhão a atividade realizada pela equipe 2, em que a pá carregadeira comanda, durará menos tempo, e isso refletirá nos custos, ou seja, com mais equipamentos reduziu-se o tempo e houve redução nos custos totais da operação conjunta.

4 Conclusões

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a criação de um *software* que auxilia a escolha de equipamentos em operações de terraplenagem. Basicamente, com ele é possível comparar equipes e obter maior eficiência na produção, rapidez e redução de custos.

De um modo geral, a maioria dos equipamentos não obedece a um critério rigoroso de escolha (em função da produtividade da equipe), seja por razões de disponibilidade ou por acreditar ser mais prático e rápido. Esse tipo de atitude pode promover atrasos em obras e comprometer a eficiência das equipes formadas.

O programa desenvolvido facilita um trabalho que pode ser realizado através de várias tabelas e fórmulas, aumentando assim a utilização dessas metodologias, já que os cálculos são realizados sistematicamente pelo programa, ao invés da necessidade de se produzir planilhas e preencher onerosas tabelas. Os recursos de geração automática de gráficos também criam outra facilidade para a análise imediata de dados, facilitando seu uso.

O usuário ainda pode exportar os dados inseridos e realizar cálculos rapidamente. Os resultados obtidos, com exceção dos gráficos, podem ser ainda exportados para uma planilha eletrônica, e assim manejá-los da maneira desejada.

Pretende-se ainda utilizar o *software* para fins acadêmicos, o que proporcionará uma ferramenta didática para verificações e estudos de casos que se façam necessários, através da disciplina Equipamentos de Construção e Conservação e Infraestrutura Viária, além de promover o interesse por parte dos alunos no assunto, abrindo várias possibilidades, como novas pesquisas na área, aplicação em casos práticos para constatar a efetividade desses métodos, ou até mesmo expansão da linha de programação com inclusão de novas funções, atividades e equipamentos. O *software* será disponibilizado como *software* livre e também poderá ser utilizado por engenheiros e empreiteiros que desejarem uma maior produtividade e eficiência em suas obras de terraplenagem.

Referências

- [1] RICARDO, H. D.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação: terraplenagem e escavação de rocha**. São Paulo: PINI, 2007.
- [2] LIMA, R. X.; NOBRE JÚNIOR, E. F. **Logística Aplicada à construção rodoviária**. Ressearch Gate, 2003.
- [3] GRANSBERG, D. D.; POPESCU, C. M.; RYAN, R. **Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Owners**. CRC Press, 2006.

- [4] WARRIS, M.; SHAIR LIEW, M.; FARIS KHAMIDI, M.; IDRUS, A. Criteria for the selection of sustainable onsite construction equipment. **International Journal of Sustainable Built Environment** **3**, p. 96-110, 2014.
- [5] PEDROZO, L. G. **Custos da infraestrutura rodoviária - Análise e Sistematização**. Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/2809>>. Acesso em: 3 nov. 2017.
- [6] BRASIL, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de custos rodoviários**. Rio de Janeiro: 3. ed., 2003.
- [7] PEREIRA, D. M.; FRANCO, E. J.; RATTON, E.; BLASI, G. F.; BERNARDINIS, M. A. P.; KUSTER FILHO, W. **Composição de custos para obras rodoviárias**. Curitiba, 2015. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/TransportesA/Arquivos/Apostila_ComposicaoCustos-2008.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2017.
- [8] JAWORSKI, T. **Equipamentos para escavação – compactação e transporte**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/dtt/tt047-equipamento-de-construcao-e-conserva/>>. Acesso em: 6 nov. 2017.
- [9] GUIMARÃES, N. **Equipamentos de construção e conservação**. Curitiba: Ed. UFPR, 2001.



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESPACIAL PARA O PEDESTRE EM ÁREA CENTRAL DE CIDADE DE MÉDIO PORTE

B. F. Tonon¹; J. V. S. Lima²; R. C. Magagnin³; O. B. Faria⁴

^{1,2,3,4}PPGARQ, UNESP, Bauru, Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bauru/SP
*beatriztonon@gmail.com*¹, *arqvjlma@gmail.com*², *magagnin@faac.unesp.br*³, *obede@feb.unesp.br*⁴

Resumo: Pesquisas recentes mostram que 36% dos deslocamentos nas cidades brasileiras são realizados a pé. Fato este que não condiz com a qualidade dos espaços públicos destinados aos pedestres, o qual tem autonomia em escolher quais trajetos percorrer. Essa autonomia pode ser influenciada tanto por aspectos de caminhabilidade (características físicas do ambiente da caminhada), quanto por aspectos de qualidade espacial, intrinsecamente ligados à atratividade e seguridade proporcionadas pela envoltória. Dentro deste contexto, o objetivo deste artigo é apresentar o resultado de uma pesquisa que avaliou a qualidade espacial de um recorte espacial localizado na área central da cidade de Marília (SP). O método consistiu em aplicação de auditoria técnica, baseada no “Índice de Caminhabilidade” elaborado pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP). Nesta pesquisa, alguns indicadores foram adaptados do método original (critérios de avaliação e escalas de pontuação), e outros foram inseridos. De acordo com os resultados, tanto o Índice de Qualidade Espacial Global, quanto o Índice Parcial de todos os trechos avaliados receberam pontuação classificada como: Aceitável, sendo necessária a realização de intervenções prioritárias a curto prazo. A aplicação da metodologia do ITDP, com as adequações necessárias para a realidade local, permitiu que o espaço urbano fosse avaliado com maior fidelidade aos elementos que o compõem.

Palavras-chave: Qualidade espacial, Pedestre, Auditoria técnica.

Abstract: Recent research shows that 36% of the displacements in Brazilian cities are carried out on foot. This fact does not match the quality of public spaces for pedestrians, which has autonomy in choosing which routes to travel. The uncontrolled concentration and prioritization of automobiles on urban streets resulted in a clear lack of concern about the flexibility and decision-making autonomy of pedestrians in public spaces. This autonomy can be influenced both by aspects of walkability (physical characteristics of the walking environment) and by aspects of spatial quality, intrinsically linked to the attractiveness and safety provided by the enclosure. Within this context, the objective of this paper is to present the result of a research that evaluated the walkability and urban spatial quality of a spatial clipping located in the central area of the city of Marília (SP). The method consisted of a technical audit application, based on the “Walkability Index” developed by the Institute for Transport and Development Policy (ITDP). In this research, some indicators were adapted from the original method (evaluation criteria and scoring scales), and others were inserted. According to the results, both the Global Spatial Quality Index and the Partial Index of all the evaluated sections received a score classified as Acceptable, being necessary to carry out short-term priority interventions. The application of the ITDP methodology, with the necessary adaptations to the local reality, allowed the evaluation of the urban space with greater fidelity to the elements that compose it.

Keywords: Spatial quality, Pedestrian, Technical audit.

1 Introdução

Durante muitas décadas, os planos urbanísticos estiveram voltados a circulação dos automóveis nas áreas urbanas [1]. Essa tendência teve como consequência, ambientes destinados aos pedestres com baixa qualidade espacial, desconsiderando a flexibilidade e autonomia do pedestre na escolha dos caminhos [2].

Dentre as características espaciais que podem influenciar nas escolhas dos caminhos pelos pedestres, destacam-se: presença de passeio seguro constituído por fachadas fisicamente e visualmente permeáveis; presença de sombra e arborização; integração entre o sistema de transporte coletivo e o modo a pé e de bicicleta; quadras curtas; diversidade de usos [3, 4]; função pública nos pavimentos térreos [5]; largura adequada da faixa livre na calçada; altura adequada até as copas das árvores; tipo e condição do piso adequados; travessias adequadas [6, 1, 7], boa iluminação artificial [8], limpeza dos espaços e baixo nível de poluição sonora, visual, e do ar [9].

Parte destas características estão associadas a qualidade da infraestrutura destinada ao pedestre. Alguns pesquisadores têm utilizado há algum tempo o termo caminhabilidade (*walkability* em inglês) para mensurar a qualidade dos espaços urbanos oferecidos aos pedestres [10].

Uma forma de avaliar a caminhabilidade é por meio de indicadores de desempenho, pois permitem identificar as características físicas do ambiente da caminhada, tais como: largura da calçada, tipo do material e condição do piso, sombra e abrigo, presença de obstáculos, entre outros. No entanto, não identificam o modo como cada indivíduo percebe o espaço, determinado pela qualidade espacial, nem a importância das diferentes características que contribuem para esta qualidade [11]. Tornar o ambiente acessível a todos, pode não ser suficiente para a análise da utilização do espaço pelo pedestre e como forma de promover a qualidade urbana espacial. Aspectos que relacionam as edificações com o ambiente urbano podem ser essenciais para que o pedestre seja atraído e convidado a caminhar pela cidade.

Neste sentido, é necessário incorporar à avaliação da qualidade espacial outros aspectos associados à forma como o ambiente destinado ao pedestre se relaciona com os usuários. Dentre estes aspectos destaca-se a presença de fachadas permeáveis fisicamente ou visualmente permitem a integração do ambiente privado com o público.

Algumas metodologias nacionais e internacionais avaliam a caminhabilidade levando em consideração a percepção do pedestre [12, 13, 14, 15]. Ferreira e Sanches (2001) avaliam o nível de serviço das calçadas por meio de parâmetros que abordam a segurança, seguridade, largura efetiva, atração visual e manutenção. Para isso utilizou a auditoria técnica e a aplicação de entrevistas, as quais ponderaram os indicadores no cálculo do Índice de Qualidade de Calçadas (IQC).

Este artigo buscou utilizar uma metodologia menos complexa e de fácil aplicação para mensurar a qualidade espacial do ambiente do pedestre, cuja avaliação dos indicadores e temas foram

baseados no método proposto pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento - ITDP [16], cujo objetivo permite identificar quais aspectos necessitam de intervenções prioritárias.

Assim, o objetivo deste artigo visa apresentar o resultado da aplicação de uma proposta metodológica para mensurar a qualidade espacial por meio da adaptação de métodos de auditoria técnica existentes.

2 Metodologia

2.1 Objeto de estudo

Escolheu-se para pesquisa Marília, cidade de médio porte, da região centro-oeste do estado de São Paulo, com aproximadamente 216 mil habitantes [17]. O objeto de estudo consiste em um recorte espacial da área central, delimitado pelas principais vias coletoras que fazem a ligação das regiões norte, sul, leste e oeste da cidade (Fig. 1).



Figura 1 – Recorte espacial da área central, destacado em cinza, com a localização das principais avenidas de acesso à área.

A região estudada aborda 14 quadras (sendo avaliadas 54 faces de quadras). Apresenta relevo com pequena declividade em algumas ruas. A malha urbana, em formato xadrez, possui quadras ortogonais com dimensões que variam de 80 a 90 metros. Muitas apresentam problemas de conservação de piso, travessias inseguras, pouca diversidade do uso do solo e níveis sonoros inadequados na maior parte das ruas.

2.2 Auditoria técnica

O método escolhido como base para avaliar a caminhabilidade e a qualidade espacial por meio de auditoria técnica foi o “Índice de Caminhabilidade” elaborado pelo Instituto de Políticas

de Transporte e Desenvolvimento (ITDP). A escolha se deu pelo fato do método apresentar alguns indicadores que retratam aspectos da qualidade espacial de passeios públicos.

A avaliação original é realizada por meio de segmentos de calçada e/ou faces de quadra, utilizando 21 indicadores, agrupados em 6 diferentes temas (denominados como categorias, no método original): *calçada*, *mobilidade*, *atração*, *segurança pública*, *segurança viária* e *ambiente*. Para esta aplicação foram necessárias algumas mudanças no método original. O tema *Segurança pública* não foi avaliado, pois, o indicador *Fluxo de pedestres diurno e noturno* não seria relevante para a avaliação, tendo em vista maior importância as características físicas do espaço; a *Iluminação pública*, pela pesquisa ser realizada apenas no período diurno; e a *Incidência de crimes e Atropelamentos*, fator de difícil mensuração e obtenção dos dados neste recorte espacial.

A avaliação da qualidade espacial da área central por meio de Auditoria Técnica seguiu a definição dos seguintes elementos: i) Demarcação da Unidade de Análise; ii) Identificação dos temas e indicadores e sistema de pontuação; iii) Definição e cálculo do Índice de Qualidade Espacial.

- i) **Demarcação da unidade de análise:** adotou-se duas formas de análise: *segmento de calçada* e *face de quadra*. O *Segmento de calçada* inclui a análise da calçada e das travessias, ele é utilizado para avaliar a maioria dos indicadores. A *Face de quadra* é utilizada para a análise dos indicadores do tema *Atração*, pois possibilita avaliar as fachadas das edificações.
- ii) **Identificação dos temas e indicadores e sistema de pontuação:** a partir do método desenvolvido pelo ITDP, foram definidos os atributos para identificar os fatores que afetam a qualidade espacial neste recorte espacial. Alguns atributos do método original permaneceram, uns foram eliminados e outros inseridos. Os atributos relacionados à qualidade espacial (neste artigo, denominados de temas) foram: *calçada*, *mobilidade*, *atração*, *segurança viária* e *ambiente*.

A Tabela 1 apresenta a estrutura hierárquica para a avaliação da qualidade espacial, com os respectivos critérios de avaliação e pontuações já adaptados. A avaliação de cada indicador é realizada com a atribuição de uma nota que varia de 0 a 3 pontos, de forma binária (0 ou 3) ou em quatro níveis (0, 1, 2 ou 3). Sendo 0 a pior nota e 3 a melhor.



Tabela 1 – Estrutura hierárquica para avaliação da qualidade espacial.

Tema	Indicador	Critérios de Avaliação	Pontuação
Calçada	Tipologia da rua (C1)	Avalia se a via destinada ao pedestre é segura e adequada	0 1 2 3
	Material do piso (C2)	Identifica as condições do piso quanto à adequação do material e implantação, ou seja, se a superfície é regular, firme e se possui inclinação transversal entre 1% e 3%.	0 1 2 3
	Condição do piso (C3)	Avalia a quantidade de buracos a cada 100 m. No recorte espacial os 100 metros equivalem a um segmento de calçada.	0 1 2 3
	Largura (C4)	Avalia se a largura mínima é \geq a 1,50 m. No método atual alterou para 4 níveis: (3) \geq a 1,50 m; (2) entre 1,35 m a 1,49; (1) entre 1,20 m e 1,34 m; ou $<$ que 1,20 m, cuja pontuação será a pior (0).	0 1 2 3
	Altura livre (C5)	Avalia se a altura livre mínima é \geq a 2,10 m. Permitindo a passagem sob a copa das árvores, marquises, etc.	0 - - 3
	Inclinação longitudinal (C6)	Avalia qual a porcentagem de inclinação longitudinal do trecho. Sendo a pontuação máxima (3) a inclinação $<$ 1,5%, e pontuação mínima (0) a inclinação $>$ que 6%.	0 1 2 3
Mobilidade	Dimensão das quadras (M1)	Avalia a extensão de cada quadra, sendo ideal quadras com dimensão máxima de 110 m.	0 1 2 3
	Distância do transporte de média e alta capacidade (M2)	Avalia a distância do centro de cada segmento até o transporte de média e alta capacidade. No recorte espacial, adaptou-se para avaliação até os pontos de ônibus, sendo ideal até 500 m.	0 1 2 3
Atração	Fachadas fisicamente permeáveis (AT1)	Avalia o número de entradas e acessos para pedestres a cada 100 m, cuja pontuação máxima é obtida quando há mais de 5 entradas.	0 1 2 3
	Fachadas visualmente permeáveis (AT2)	Identifica no método original a porcentagem da área, em m ² , da face de quadra que há conexão visual com o interior da edificação. Menos de 50% recebe pontuação mínima e 70% ou mais recebe pontuação máxima. No atual calculou-se a porcentagem do perímetro que há conexão visual.	0 1 2 3
	Usos mistos (AT3)	Avalia a porcentagem dos diferentes usos das edificações confrontantes com a calçada. A existência de usos residenciais em \geq a 15% juntamente com edificações de mesmo uso é até 50% recebem pontuação máxima.	0 1 2 3
	Uso público diurno e noturno (AT4)	Identifica a porcentagem das edificações com uso público no térreo com \geq 10 horas diárias de funcionamento.	0 1 2 3
Segurança Viária	Travessias (SV1)	Avalia no método original se há travessias seguras (presença de faixa de pedestres (1), semáforo, e ilha de refúgio acessível (2) rampas de acessibilidade, alerta sonoro, piso tátil direcional e de alerta (3)). No atual separou em 4 níveis, sendo que a pior pontuação é para travessias não seguras nem acessíveis.	0 1 2 3
	Velocidade máxima permitida de veículos motorizados (SV2)	Avalia no método atual se há espaço seguro e adequado ao pedestre em vias com velocidades de 60 km/h (0), 60 km/h (1); 40 km/h (2); e 30 km/h (3). Ou quando não há (pontuação 0).	0 1 2 3
Ambiente	Sombra e abrigo (AM1)	Avalia a porcentagem de elementos ou arborização que condicionam sombra e abrigo aos pedestres. Menos de 25% desses elementos no segmento de calçada recebem pontuação mínima.	0 1 2 3
	Poluição sonora (AM3)	Avalia se o nível de poluição sonora nas ruas é \leq ou $>$ do que 55 dB, de acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (OMS).	0 - - 3

A desconsideração de alguns indicadores se deu pelo fato da inexistência de equipamentos, pela dificuldade em obter os dados ou mesmo por sua irrelevância diante do objetivo da pesquisa. Em relação a pontuação, foi necessário alterar as escalas de alguns indicadores (SV1, C4 e SV2), e a forma de avaliação de outros (AT2 e AT3) como possibilidade de pontuar todos os elementos considerados importantes para a qualidade espacial, de forma menos rígida. Já a inclusão de mais dois indicadores no tema *Calçada* (C5 e C6) se tornou necessária devido às observações *in loco*.

- i) **Definição e cálculo do Índice de Qualidade Espacial:** Uma vez atribuídos pontos para os indicadores, é possível calcular a resultante da média aritmética de cada tema, e a partir dessa pontuação calcula-se o Índice de Qualidade Espacial para cada segmento analisado, conforme Eq. (1). O Índice de Qualidade Espacial Global é a resultante da média aritmética dos Índices Parciais. O valor do Índice obtido deve ser analisado comparando os resultados com os dados apresentados na Tabela 2, que apresenta os graus de adequação/intervenção no espaço por faixas de pontuação.

$$\text{Índice de Qualidade Espacial} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Onde: n : número de indicadores $\sum_{i=1}^n x_i$: somatória de todos os indicadores

Tabela 2 – Sistema de pontuação dos temas e grau de adequação/intervenção.

Pontuação 3	Pontuação 2,9 até 2	Pontuação 1,9 até 1	Pontuação 0,9 até 0
ÓTIMO	BOM	ACEITÁVEL	INSUFICIENTE
Manutenção e aperfeiçoamento	Intervenção desejável, ação a médio prazo	Intervenção prioritária, ação a curto prazo	Intervenção prioritária, ação imediata

3 Resultados

Neste item são apresentados os resultados obtidos na auditoria técnica no recorte espacial, e cálculo do Índice de Qualidade Espacial para os segmentos analisados. As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados parciais da avaliação. A primeira (Fig. 2) apresenta a média da pontuação dos segmentos por indicador. Enquanto que a Figura 3 (a, b, c, d, e) apresenta a classificação dos trechos para os temas avaliados: *calçada, mobilidade, atração, segurança viária e ambiente*. O Índice de Qualidade Espacial obtido a partir da média aritmética de todos os temas e segmentos do recorte espacial recebeu classificação Aceitável, representada pela cor laranja, conforme a Figura 3 (f).

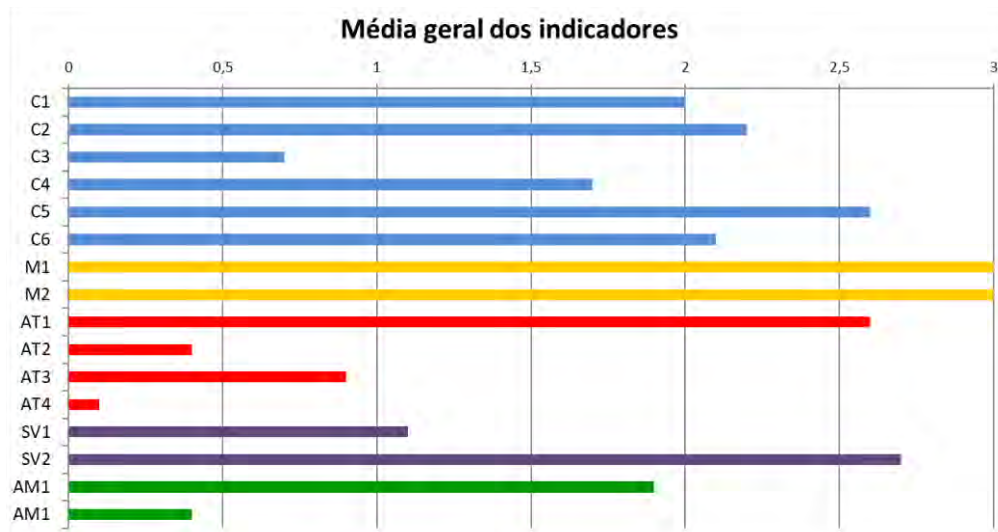


Figura 2 – Média dos indicadores para cada segmento, dividido em temas: a) Calçada; b) Mobilidade; c) Atração; d) Segurança viária; e) Ambiente.

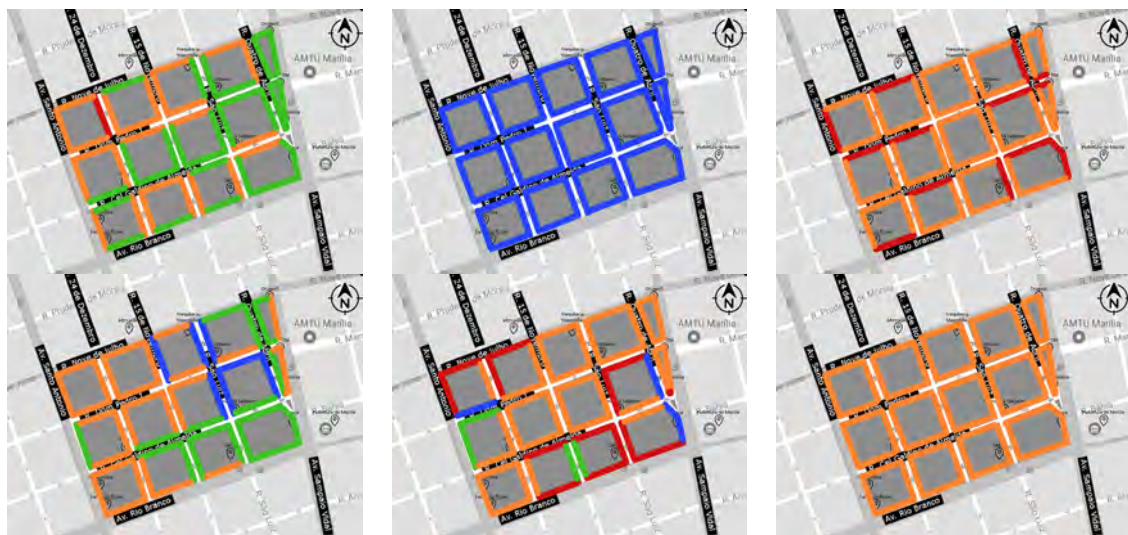


Figura 3 – Classificação da média dos indicadores para os segmentos de acordo com cada tema e Índice de Qualidade Espacial: a) Calçada; b) Mobilidade; c) Atração; d) Segurança viária; e) Ambiente; f) Índice de Qualidade Espacial dos segmentos.

Os dados apresentados nas figuras acima mostram que 80% dos temas avaliados receberam classificação **Aceitável**, cujas ações deverão ser realizadas a curto prazo. Apenas o tema *Mobilidade* recebeu máxima pontuação (3), pelos indicadores M1, por apresentar quadras com até 90 m, flexibilizando as mudanças de direção pelo pedestre, e o M2, não ultrapassarem 500 m, facilitando a característica intermodal.

Dentre os indicadores do tema *Calçada*, 67% dos trechos receberam pontuação com **Boa** classificação. Os indicadores responsáveis por diminuir a pontuação do tema foram: o C3, com 67% dos

trechos com pior pontuação (0), devido aos buracos e irregularidades do piso (Fig.4); e o C4, onde 59% dos segmentos a largura é estrangulada (Fig. 5).



Figura 4 – Buracos e altura livre < 2,10 m.



Figura 5 – Mobiliário urbano no meio da calçada.

O tema *Atração* recebeu pontuação considerada: **Aceitável**, porém apenas um dos indicadores (AT1) tem **Boa** classificação, principalmente pela grande quantidade de portas das edificações comerciais, proporcionando maior relação física do ambiente público com o privado. Os demais indicadores (AT2, AT3, AT4) foram classificados como: **Insuficientes**, pela baixa diversidade do uso do solo e pela maioria funcionarem apenas no período diurno.

Em relação ao tema *Ambiente*, o indicador AM 1 é **Aceitável**, principalmente pelo posicionamento das edificações permitirem sombreamento em momentos do dia. Enquanto que a avaliação da *Poluição Sonora* recebeu a pior pontuação em 85% dos trechos, segundo os parâmetros estabelecidos pelo método do ITDP.

De acordo com os resultados, tanto o Índice de Qualidade Espacial Global (pontuação 1,5), quanto o Índice Parcial de todos os trechos receberam pontuação classificada como: **Aceitável** (Fig. 3 f), o que indica necessárias intervenções a curto prazo.

4 Conclusões

A aplicação do método de auditoria técnica proposto neste artigo permitiu mensurar a qualidade espacial a partir da qualidade das calçadas e da relação das edificações com o espaço urbano. Os resultados encontrados apontam a validade do método proposto. No entanto, para consolidação desta proposta sugere-se sua aplicação em outros recortes espaciais.

Entre os Temas que merecem maior atenção do gestor público municipal estão a *Atração* e o *Ambiente*, que poderiam receber maiores pontuações e contribuir para um ambiente com maior



qualidade espacial, através do uso misto, de edificações que fiquem abertas por mais horas, além de alternativas para melhorar a qualidade sonora do espaço urbano.

A literatura mostra que muitas cidades brasileiras apresentam problemas relacionados com a caminhabilidade e a baixa qualidade espacial voltada ao pedestre [19, 20, 21]. Neste sentido, espera-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir como diagnóstico dos espaços urbanos voltados aos pedestres, a fim de propor adequações e intervenções que tornem o ambiente mais confortável, acessível e atrativo.

Referências

- [1] FERREIRA, M. A. G.; SANCHES, S. P. Índice de qualidade das calçadas – IQC. In: **Revista dos Transportes Públicos – ANTP**, [s.l.], Ano 23, 2001, 2º trimestre.
- [2] MALATESTA, M. E. B. **Andar a pé: Um modo de Transporte para a Cidade de São Paulo**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.
- [3] GEHL, J. **Cidade para Pessoas**. Tradução de Anita Di Marco. 2 ed. São Paulo: Perspectiva, 2013
- [4] JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- [5] KARSENBER, Hans *et al* (Ed.). **A cidade ao nível dos olhos: Lições para os *plinths***. Tradução de Paulo Horn Regal e Renee Nycolaas. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2015. v. 2. 340p.
- [6] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015) **NBR 9050**. Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro.
- [7] FRUIN, J. J. Designing for Pedestrians: A Level-of-Service Concept. *Transportation Research Record* 355. **Transportation Research Board**, 1971, p. 1-15.
- [8] KHISTY, C. J. Evaluation of pedestrian facilities: beyond the level of service concept. **Transportation Research Record** 1438. P. 45-50. 1994.
- [9] BRADSHAW, C. (1993). **Creating -- And Using -- A Rating System For Neighborhood Walkability Towards an Agenda For “Local Heroes”**. 14th International Pedestrian Conference, Boulder, Colorado.
- [10] PIRES, I. B.; GEBARA, T. R. J.; MAGAGNIN, R. C. Métodos para avaliação da Caminhabilidade. In: _____. **Ambiente construído e sustentabilidade**. FONTES, M. S. G. C.; FARIA, J. R. G. (Org.). Tupã: Editora ANAP, 2016. Cap. 5, p. 110-135.
- [11] LARRAÑAGA et al. Estimando a importância de características do ambiente construído para estimular bairros caminháveis usando *Best-Worst Scalling*. **Transportes**, v. 24, n. 2, 2016, p. 13-20.
- [12] SCHÜTZER, K. **A percepção do pedestre sobre a qualidade da paisagem urbana**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- [13] RAHAMAN, K. R.; ALVES, T.; LOURENÇO, J. M. Urban walkers in medium-sized Portuguese cities: a study of Guimarães and Braga. **Transactions on Ecology and the Environment**, Vol. 142, 2010.
- [14] ZACARIAS, J. Pedestrian Behavior and Perception in Urban Walking Environments. **Journal of Planning Literature**, Vol. 16, No 1, August 2001.
- [15] EWING, R.; HANDY, S.; BROWNSON, O. C.; WINSTON, E. Identifying and Measuring Urban Design Qualities Related to Walkability. **Journal of Physical Activity and Health**, 2006, 3, Suppl 1.
- [16] ITDP - Institute for Transportation and Development Policy. **Índice de Caminhabilidade – Ferramenta**. 2015.
- [17] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Marília**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/grafico_cidades.php?lang=&codmun=352900&idtema=139&search=sao-paulo|marilia|frota-2014>. Acesso em: 18 jun. 2017.

- [18] TONON, B. F.; MESQUITA, G. C.; PEREIRA, F. L. C.; MAGAGNIN, R. C. Avaliação da caminhabilidade por meio de auditoria técnica: validação do método do ITDP Brasil. In: SIGEORB 2017 – I Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana, São Carlos, 2017. **Anais...** São Carlos, 2017, p. 2269-2281.
- [19] MAGAGNIN, R. C.; ROSTWOROWSKI, L. F. Os desafios da mobilidade urbana sustentável em cidades de médio porte: o caso de Marília (Brasil). In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Maceió, 2014. **Anais...** Maceió, 2014, p. 3043-3052.
- [20] AGUIAR, F. O. **Análise de métodos para avaliação da qualidade de calçadas**. 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos.



PESQUISA DE QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO DE CURITIBA: ANÁLISES E CONSIDERAÇÕES

A. C. C. Caracas¹; M. A. P. Bernardinis²; J. T. Bastos³

¹ *Graduanda da Universidade Federal do Paraná, Curso de Engenharia Civil, Centro Politécnico, Jd. das Américas, Curitiba/PR*

^{2,3} *Professor da Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Departamento de Transportes, bloco V, Jd. das Américas, Curitiba/PR*
anacarolinacaracas@hotmail.com¹, profmarcia.map@gmail.com², jtbastos@ufpr.br³

Resumo: A mobilidade urbana é um tema recorrente nos dias atuais, uma vez que deficiências no transporte coletivo influenciam a qualidade de vida no meio urbano, contribuindo para engarrafamentos, poluição sonora e ocorrência de acidentes, entre outros impactos. Devido à clara importância do tema, é essencial estudar a qualidade do transporte coletivo nas cidades, por ser esse modo estratégico para a utilização racional do espaço urbano. Baseado nisso, esse artigo avaliou a qualidade do transporte coletivo na cidade de Curitiba por meio dos resultados da pesquisa de satisfação QualiÔnibus. Os resultados foram analisados em três grupos: o universo total da pesquisa; os que utilizam o ônibus diariamente e dependem do transporte coletivo para seus deslocamentos; e os que utilizam diariamente mas possuem automóvel e habilitação. Como resultados das análises, tem-se que os três perfis apresentam muitas semelhanças, como a predominância na utilização de ônibus que circulam por corredores exclusivos – destacando sua importância. Além disso, a maioria não estaria disposta a pagar mais por um serviço melhor, mesmo estando insatisfeitos com fatores como conforto e segurança. Em uma terceira análise, tem-se que a decisão do terceiro grupo em utilizar o transporte coletivo pode ter motivação financeira ou de fatores externos a essa pesquisa.

Palavras-chave: Transporte coletivo, Qualidade, Avaliação, QualiÔnibus, Curitiba.

Abstract: Urban mobility is a recurring theme nowadays due to transit problems influence on quality of life of the urban environment, leading to traffic jams, sound pollution and accident occurrence, besides other impacts. Considering the evident importance of the theme, it is essential to study the quality of this transportation mode in cities, since this mode is strategic for the best use of urban space. Therefore, this paper evaluated the quality of Curitiba's transit system through the results of a satisfaction survey: "QualiÔnibus". The results were analyzed in three groups: the total universe of the research; those who daily use the bus and depend on mass transit for their journeys; and those who use daily but own a car and a driver's license. The analysis results indicate that all the three profiles present many similarities, such as the predominant use of buses that circulate through exclusive corridors – highlighting their importance. In addition, most of the users would not be willing to pay more for a better service, even though they were unsatisfied with aspects such as comfort and safety. In a third analysis, the decision of the third group to use the transit system may have financial motivation or be related to external facts to this research.

Keywords: Transit, Quality, Evaluation, QualiÔnibus, Curitiba.

1 Introdução

A importância do transporte coletivo para a mobilidade urbana já é reconhecida pela sociedade brasileira como parte de uma visão mais sustentável de cidade, que também inclui o aumento de áreas verdes e a redução da utilização de automóveis, entre outras estratégias. Tais princípios se tornaram mais visíveis com a criação do Estatuto das Cidades (Lei 10257/01) e da Lei da Mobilidade (Lei 12.587/12), os quais trazem como diretriz a priorização dos modos não motorizados e do transporte público coletivo. Esse último modo tem sido mais incentivado por proporcionar uma utilização mais racional do espaço urbano, acarretando maior igualdade de condições de deslocamentos para os habitantes da cidade (ITDP, 2014).

Para compreender esse funcionamento do sistema de mobilidade urbana são necessários bancos de dados especialmente estruturados para acompanhar a dinâmica do transporte urbano nos municípios. Para isso, em parceria com o Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES, a Agência Nacional de Transportes Públicos – ANTP desenvolveu o Sistema de Informações de Mobilidade Urbana – SIM, que compila dados obtidos por meio de questionários enviados pela ANTP aos responsáveis pelo transporte e trânsito municipal e metropolitano dos municípios com população superior a 60 mil habitantes, o que, em 2003, correspondia a 438 municípios (ANTP, 2014).

O estudo inclui dados comparativos de 2003 até 2014. Um dos primeiros apontamentos do relatório é o ritmo de crescimento no número de veículos, que foi substancialmente maior que o ritmo de crescimento da população (ANTP, 2014). Conforme a média dos dados da Tabela 1, tem-se que a maior parte das viagens é realizada por meios de transporte não motorizados (42,6%), seguidas pelas realizadas com veículo individual (29,1%) e, por último, as que utilizam transporte coletivo (28,3%). Além disso, o transporte individual apresentou o maior crescimento entre 2003 e 2014, enquanto o transporte coletivo reduziu sua participação percentual e o transporte não motorizado apresentou um aumento pouco significativo. Observou-se também que os anos de 2008 e 2009 apresentaram constância nos três modos de transporte.

Tabela 1 – Evolução das viagens por modo (em porcentagem).

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	M.A.
TC	29,2	28,6	28,4	28,3	28,6	28,6	28,6	28,3	28,1	28	27,9	27,3	28,3
TI	28	28,2	28,6	28,8	29	29	29	29,3	29,7	29,9	29,6	29,8	29,1
TNM	42,8	43,1	43	42,9	42,6	42,4	42,4	42,3	42,2	42,1	42,5	42,9	42,6

T.C.: transporte coletivo, T.I.: transporte individual, T.N.M.: transporte não motorizado e M.A.: média aritmética

Fonte: ANTP (2014).

Ainda de acordo com a Tabela 1, em 2003, o transporte coletivo representava 29,2% dos deslocamentos e, em 2014, 27,3%; enquanto o transporte individual indica aumento: 28 e 29,8% das viagens, respectivamente. Além disso, o transporte não motorizado é o mais expressivo em todos os

anos, representando uma média de 42,6% de participação no transporte entre 2003 e 2014. Além disso, observa-se que, entre os anos 2003 e 2004, o número de viagens realizadas utilizando o transporte coletivo era superior ao utilizando transporte individual motorizado. Porém, a partir de 2005, esse quadro inverteu e o transporte individual, além de superar o coletivo, apresentou crescimento contínuo até 2012; apesar de uma queda de participação em 2013 e 2014 – tal declínio foi compensado pelo aumento do transporte não motorizado.

No mesmo relatório, há outro indicador que caracteriza esse contexto: o índice de mobilidade (relação entre o número de viagens diárias e a população do município), que pode ser observado na Figura 1. Observa-se que o transporte coletivo foi o único que não obteve crescimento durante esse intervalo de tempo: o indicador variou durante os anos de 0,44 a 0,49, mas permaneceu igual a 0,46 nos anos de início e término da análise. Além disso, a distribuição modal é semelhante ao intervalo de 2005 a 2014 da Tabela 1: o transporte não motorizado é o mais representativo, seguido pelo individual e, por fim, o coletivo.

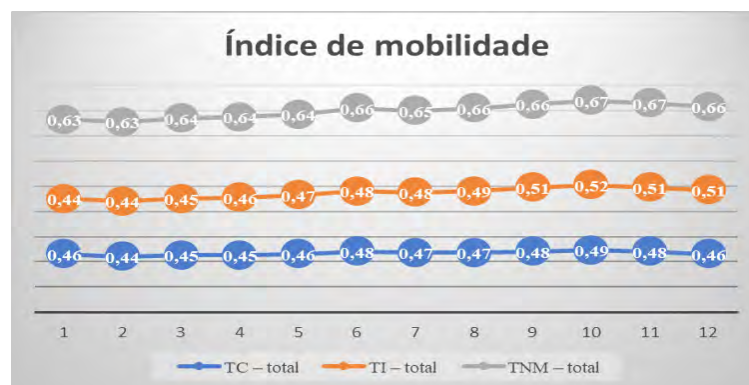


Figura 1 – Índice de mobilidade (viagens por habitante por dia).

Fonte: ANTP (2014).

As informações apresentadas na Tabela 1 e na Figura 1 demonstram que o transporte coletivo, apesar de ser fundamental para a mobilidade urbana sustentável, ainda não é priorizado no planejamento da maioria dos municípios brasileiros. A tendência de redução do número de viagens apresentada é preocupante, tendo em vista que pode despertar um processo de aumento da tarifa, o qual, por sua vez, pode desencadear uma nova redução no número de viagens, constituindo um círculo vicioso de degradação da qualidade e da utilização do transporte coletivo.

Em um país de dimensões continentais como o Brasil, com diferentes realidades urbanas, o cenário relativo ao transporte coletivo pode ser bastante diferente. Por este motivo, é importante o desenvolvimento de pesquisas em âmbito local para levantar as necessidades de melhorias do sistema de transporte coletivo nos diferentes municípios. As pesquisas de satisfação, como a pesquisa QualiÔnibus – objeto de estudo deste artigo – são um exemplo de iniciativa capaz de contribuir para o levantamento de informações em nível local.

O município de Curitiba é um exemplo de município que apresentou redução do número de viagens no transporte coletivo, sendo um cenário adequado para o desenvolvimento de pesquisas que busquem investigar os motivos que levaram a esta redução, bem como formas de revertê-la. Diante deste contexto, o objetivo do presente artigo é apresentar e analisar os resultados de uma pesquisa de qualidade do transporte coletivo (QualiÔnibus) aplicada em Curitiba.

2 Metodologia

A fim de atingir o objetivo proposto, a metodologia foi dividida em três etapas: (1) planejamento da aplicação dos questionários; (2) aplicação dos questionários e construção do banco de dados; e (3) tratamento e análise dos resultados. Os processos envolvem diversos indivíduos e organizações, a saber: as organizações *WRI – World Resources Institute* e *URBS – Urbanização de Curitiba* e os pesquisadores. Foram aplicadas, no total, 2008 pesquisas, distribuídas nas linhas de ônibus da cidade de Curitiba.

2.1 Planejamento da aplicação dos questionários

Primeiramente, URBS e WRI definiram onde seriam aplicados os questionários. Foi acordado que o número de aplicações em cada linha de ônibus de Curitiba seria definido conforme a porcentagem de passageiros do transporte coletivo que as utilizavam. Dessa forma, foram aplicadas mais pesquisas nas linhas mais utilizadas, a fim de obter resultados mais representativos e fiéis às demandas do sistema.

A pesquisa apresenta cinco modelos diferentes de questionário e é dividida em duas partes: um Módulo Básico – comum a todos os questionários – e um Módulo Detalhado – que varia em cada questionário, tanto em relação ao tema quanto à quantidade de perguntas. Na Figura 2, há como exemplo a primeira página dos módulos básico e detalhado do questionário 1. Nesse artigo, serão abordados os resultados da Pesquisa de Satisfação realizada em 2015 na cidade de Curitiba. Além da capital paranaense, o programa está presente em cidades como Belo Horizonte (MG) e no Rio de Janeiro (RJ). (WRI, 2014)



QUALIÔNIBUS PESQUISA DE SATISFAÇÃO

Bom dia! Boa tarde, meu nome é (DIGA SEU NOME), estou realizando uma pesquisa de satisfação sobre o transporte coletivo por ônibus em Curitiba. Gostaria de contar com a colaboração do(a) Sr(a) respondendo à algumas questões que levarão poucos minutos. Garantimos que as respostas serão mantidas em absoluto sigilo. Queremos saber opinião do(a) Sr(a).

MÓDULO BÁSICO

PERFIL DE USO

H1) Hora de início: - : -

U1) Qual o número de dias em que o ENTREVISTADOR: fazer pergunta aba

1. () 5 ou mais dias por semana
2. () 3 ou 4 dias por semana
3. () 1 ou 2 dias por semana

MÓDULOS DETALHADOS (OPCIONAIS)

ENTREVISTADOR: entregar cartão 1 e explicar que as questões a seguir utilizam a escala do cartão em que 1 é "muito insatisfeito" e 5 é "muito satisfeito", além de que o entrevistado pode responder "sem condições de opinar" e marcar coluna SCO.*

Para entender melhor a satisfação do transporte coletivo por ônibus, farei perguntas mais detalhadas sobre temas específicos.

Muito Insatisfeito - 1 -	Insatisfeito - 2 -	Nem Satisfeito, Nem Insatisfeito - 3 -	Satisfeito - 4 -	Muito Satisfeito - 5 -
-----------------------------	-----------------------	--	---------------------	---------------------------

S1) ACESSO AO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

S1) Considerando o Acesso ao Transporte Coletivo por Ônibus, qual o nível de satisfação do(a) Sr.(a) em relação a:

S1.1 Facilidade de chegar a um dos pontos de acesso (pontos de ônibus e estações)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[SCO]
--	-----	-----	-----	-----	-----	-------

Figura 2 – Recorte do questionário 1, módulos básico e detalhado.

As 2000 pesquisas foram divididas proporcionalmente entre linhas de todos os tipos, sejam elas linhas expressas (como Santa Cândida - Capão Raso), linhas diretas (Pinhais - Campo Comprido), linhas convencionais (Jardim Social/Batel) ou outras. Além disso, foram realizadas entre os dias 12 de novembro e 18 de dezembro, distribuídas entre o período de pico da manhã (30%), entrepicos (40%) e o período de pico da tarde (30%), resultando nos intervalos: das 6h às 9h, das 9h às 17h e das 17h às 20h, respectivamente.

2.2 Aplicação dos questionários e construção do banco de dados

Após o planejamento de aplicação, essa tabela foi encaminhada à empresa júnior de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná, Alcance Engenharia Júnior, que fora contratada pela URBS para gerenciar os pesquisadores, controlar as pesquisas e tabular os dados. Após uma seleção de pesquisadores definida pela proximidade entre a residência do aluno e os pontos de aplicação e pela sua disponibilidade, foram contratados como pesquisadores 32 alunos do curso de Engenharia Civil da mesma universidade, os quais foram treinados pela WRI Brasil.

Além do treinamento, o questionário continha orientações escritas, indicando como se apresentar, explicar a pesquisa e conduzir cada pergunta e como marcar as respostas – um exemplo é a terceira pergunta do módulo básico, que questiona quais os horários em que o entrevistado utiliza o transporte coletivo e permite marcar no máximo três alternativas. Cada pesquisador realizou uma média de 62,5 pesquisas. Com a tabulação dos dados obtidos, foi possível construir uma planilha em Excel.

2.2 Tratamento e análise dos resultados

Apesar de cada questionário conter um módulo básico e um detalhado, foi abordado no presente artigo somente o módulo básico, que apresenta uma amostra maior, uma vez que é idêntico em todos os cinco tipos de questionário. Apesar de inicialmente serem 2008 resultados, foram excluídos alguns questionários que apresentavam erros, entre eles: erros de digitação que permitiam dupla interpretação, problemas nos horários (era necessário marcar o horário de início e de término de cada pesquisa e algumas apresentavam intervalo negativo: o horário de início era maior que o de término) e qualquer erro que indicasse alta possibilidade de fraude. Com essas eliminações, a amostra final foi de 1987 pesquisas.

3 Resultados

Diante de uma quantidade expressiva de dados, serão apresentados os resultados obtidos que mais se destacaram, levando em consideração aqueles indicadores de desempenho considerados mais importantes para caracterizar o sistema. Primeiramente, foi possível traçar um perfil dos usuários do transporte público de Curitiba, conforme:

- 64% utilizam o transporte público todo dia útil;
- 78% utilizam para atividades pendulares, dos quais 53% para deslocamentos por motivo de trabalho e 25% por motivo de estudo;
- Os horários de pico são entre 5h e 9h, representando 33% dos deslocamentos (13% dos usuários utilizam entre as 5h e as 7h, 20% entre as 7h e as 9h) e entre 15h e 19h, somando 34% dos deslocamentos (11% utilizam entre as 15h e as 17h e 23% entre as 17h e as 19h);
- 59% usam ônibus que circulam, por alguma extensão, por corredores exclusivos;
- A média de ônibus utilizados por viagem é de 2,08 ônibus, sendo que 50% dos entrevistados usam dois ônibus, 24% usam um e 20% usam três;
- 42% dos usuários são cativos, ou seja, não poderiam ter utilizado nenhum outro modal para realizar a viagem;
- Foi apontado por 59% dos entrevistados que o ônibus enfrenta muito congestionamento;
- Apesar dos pontos críticos apresentados, apenas 24% dos usuários estariam dispostos a pagar mais por um serviço melhor.

Além desses indicadores, foi obtido que o tempo médio gasto por dia, considerando ida e volta e todos os modais utilizados, é de 1h e 36 minutos. Se considerarmos apenas os dias úteis do ano, isso



representa 17 dias do ano gastos apenas com deslocamento. Observou-se também que os principais pontos indicados pela maioria dos passageiros como satisfatórios foram: a facilidade de chegar aos pontos de acesso e circular nas estações e terminais; a facilidade de fazer integração entre linhas de ônibus e outros modos de transporte; a qualidade e quantidade de informação disponível ao cliente sobre linhas, horários e outros; e a confiabilidade (chegada no horário previsto). Os pontos que apresentaram insatisfação foram: a segurança, o conforto, a rapidez e a disponibilidade (horários, locais e intervalo entre ônibus).

Entre os 64% dos entrevistados que afirmaram utilizar o transporte coletivo durante cinco ou mais dias na semana, o número de usuários cativos aumentou para 49% (em vez dos 42% considerando a amostra completa). A finalidade de uso também se modificou para os usuários diários: 65% afirmaram utilizar para ir ao trabalho e 29% para estudo, contra 53% e 25%, respectivamente, para os usuários em geral. Outro fator que apresentou aumento foi o tempo médio de viagem, que passou de 1 hora e 36 minutos para 1 hora e 44 minutos (equivalente a 18 dias por ano).

Ainda considerando os usuários que utilizam o transporte coletivo pelo menos cinco vezes por semana, realizou-se uma terceira análise filtrando os usuários que afirmaram possuir carteira de habilitação e posse associada à disponibilidade de uso de automóvel na residência – com o objetivo de entender os motivos que levam à escolha do transporte coletivo mesmo com a opção do automóvel. Obtiveram-se 176 usuários com esse perfil, o que corresponde a 14% dessa amostra e 9% da amostra total. Analisaram-se então as mesmas características utilizadas para definir o perfil do usuário do transporte coletivo de Curitiba, obtendo as seguintes informações:

- 74,2% utilizam o TPU para ir ao trabalho (proporção maior que entre os usuários cativos) e 22,7% para estudo (proporção menor que entre os usuários cativos);
- 24,9% utilizam no horário entre 7h e 9h (contra 21,5% entre os cativos) e 23,9% utilizam no horário entre 17h e 19h (contra 25,8% entre os cativos);
- 52,3% utilizam linhas que circulam por corredores exclusivos (proporção menor que entre os usuários cativos);
- Aproximadamente 50% utilizam 2 ônibus para chegar ao seu destino (somente ida), sem diferença em relação aos usuários cativos;
- O tempo médio é de 1 hora e 45 minutos, muito semelhante ao gasto pelos usuários diários e usuários cativos, de respectivamente 1 hora e 44 minutos e 1 hora e 43 minutos.

Os pontos indicados como satisfatórios por esses usuários foram: o acesso ao transporte, a confiabilidade e a facilidade de fazer integrações. Os insatisfatórios foram o conforto, a segurança e a disponibilidade. Em um quadro geral, os entrevistados mostram-se indiferentes ou insatisfeitos. A

Tabela 2 apresenta um comparativo entre esses usuários diários que poderiam utilizar o automóvel e os usuários cativos do transporte coletivo.

Tabela 2 – Comparativo entre usuários diários cativos e os que possuem automóvel.

	Usuário diário cativo (sem carro)	Usuário diário com carro
Acesso	3,1 satisfeitos para cada 1 insatisfeito	2,8 satisfeitos para cada 1 insatisfeito
Disponibilidade	1 satisfeito para cada 1,1 insatisfeito	1 satisfeito para cada 1,2 insatisfeitos
Rapidez	1 satisfeito para cada 1 insatisfeito	1 satisfeito para cada 1 insatisfeito
Confiabilidade	1,2 satisfeito para cada 1 insatisfeito	1,5 satisfeitos para cada 1 insatisfeito
Facilidade de Integração	2,6 satisfeito para cada 1 insatisfeito	3,6 satisfeitos para cada 1 insatisfeito
Conforto	1 satisfeito para cada 1,9 insatisfeito	1 satisfeito para cada 1,7 insatisfeito
Segurança	1 satisfeito para cada 2,2 insatisfeitos	1 satisfeito para cada 1,5 insatisfeitos
Satisfação Geral	1 satisfeito para cada 1 insatisfeito	1 satisfeito para cada 1,1 insatisfeito

De forma geral, os usuários do transporte coletivo que possuem a possibilidade de utilização do automóvel apresentam um nível de satisfação bastante semelhantes àqueles usuários cativos. A facilidade de integração foi o quesito que apresentou diferença mais significativa nas avaliações entre usuários cativos e não cativos, demonstrando a importância de melhorias na integração para estimular a migração modal tendo em vista que os não cativos manifestaram maior satisfação quanto ao critério. Além disso, os usuários cativos apresentaram maior satisfação quanto ao acesso, reforçando a ideia de que a maior facilidade no transporte pode atrair novos usuários. Outros aspectos como disponibilidade, confiabilidade, conforto e satisfação geral apresentaram diferenças pouco significativas no mesmo sentido.

Com essa análise específica, percebe-se uma maior proporção de usuários que utilizam o TPU para viagens por motivo de trabalho (74,2%), além de uma maior concentração dessas viagens nos horários entre 7h e 9h e menor entre 17h e 19h. Em contrapartida, o tempo de viagem apresentado foi equivalente e o uso de linhas exclusivas foi menor, mas afirmam estar indiferentes quanto à rapidez. Uma provável explicação para tais variações pode estar nas piores condições de deslocamento que a utilização do automóvel proporcionaria nessas situações – elevado tempo de viagem. Por outro lado, os usuários não cativos se mostraram mais exigentes quanto aos aspectos de segurança e conforto – em um possível indicativo de maior sensibilidade dos usuários em relação a esses fatores.

Em uma última análise, identificou-se que 63% desses usuários utilizavam cartão transporte recarregado pelo empregador, o que pode indicar um incentivo financeiro para essa escolha. Acredita-se também que motivos externos aos pontos abordados pela pesquisa determinem essa decisão, como uso do automóvel por outro morador da casa ou dificuldades com estacionamento (seja por escassez de oferta ou custo elevado).



4 Conclusões

A partir dos resultados da pesquisa, pode-se observar que os três grupos analisados – todos os usuários, os usuários diários que dependem do transporte coletivo para seus deslocamentos e os diários que poderiam ter utilizado as viagens como condutor de automóvel – apresentam diversas semelhanças, uma vez que, em todos, a metade dos usuários utiliza dois ônibus para chegar ao seu destino, considerando somente ida; as principais finalidades foram trabalho e estudo; e a maioria utiliza ônibus que circulam por corredores exclusivos.

Além disso, todos demonstraram satisfação quanto à facilidade de fazer integrações, à confiabilidade (chegada no horário previsto) e o acesso. Assim, identificamos as principais qualidades do nosso sistema de transporte. Porém, houve insatisfação quanto à segurança, à disponibilidade e ao conforto. Entre o universo global da pesquisa, a rapidez também foi classificada como insatisfatória, mas os usuários diários foram indiferentes a esse fator.

Com essa análise, tem-se que um fator importante para a melhoria do transporte coletivo curitibano é o aumento da segurança e do conforto, visto que esses fatores obtiveram maior insatisfação entre todos os usuários. Apesar disso, a maioria afirmou não estar disposta a pagar mais por um serviço melhor e mostrou-se indiferente quanto à satisfação geral, o que pode estar associado a um histórico de altas tarifas sem reflexo esperado na qualidade do transporte.

Em uma última análise, buscaram-se motivos para os usuários diários que possuem automóvel e carteira de habilitação utilizarem o transporte coletivo para seus deslocamentos. Como a avaliação desses passageiros foi bastante semelhante à dos demais, além de 63% desses usuários utilizarem cartão transporte recarregado pelo empregador, a motivação possivelmente é financeira ou está relacionada a pontos não abordados no questionário, como congestionamentos ou escassez de estacionamentos.

Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistemas de Informações da Mobilidade Urbana – Relatório Comparativo 2003-2014**. Julho de 2016. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--comparativo-2003_2014.pdf>. Acesso em: 8 maio 2017.
- [2] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistemas de Informações da Mobilidade Urbana – Relatório Geral 2014**. Julho de 2016. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--geral_2014.pdf>. Acesso em: 8 maio 2017.
- [3] INSTITUTE FOR TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT POLICY. **Lei de Mobilidade Urbana 12.587/12**. Disponível em: <http://2rps5v3y8o843iokettbxnya.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2014/11/ITDP-Brasil_Informativo-sobre-Lei-Nacional-de-Mobilidade-Urbana_em-PT_vers%C3%A3o-WEB.pdf>. Acesso em: 5 maio 2017.



UMA INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE DISPOSITIVOS DA ENGENHARIA DE TRÁFEGO NO SISTEMA VIÁRIO: INTERVENÇÃO NA RUA PADRE AGOSTINHO

M. A. P. Bernardinis¹; L. M. Pavelski²; A. T. G. Molinari³; B. M. C. B. Kureke⁴

^{1,2,3,4}Universidade Federal do Paraná, Rua Francisco H. dos Santos, s/n.

*profmarcia.map@gmail.com*¹, *luziane_machado@hotmail.com*², *alanamolinari22@gmail.com*³,
*brunabuher@gmail.com*⁴

Resumo: O presente trabalho trata de uma investigação da influência de dispositivo da engenharia de tráfego no sistema viário, por intermédio de um estudo de caso da Rua Padre Agostinho, na cidade de Curitiba, do estado do Paraná (Brasil). O dispositivo em questão se refere à transformação de vagas de estacionamento, presentes na via, em uma faixa adicional de tráfego. O principal objetivo dessa intervenção é aumentar a fluidez do tráfego de veículos no local. Para tanto, foram realizadas pesquisas com moradores, comerciantes e um motorista de transporte coletivo da região, para conhecimento da opinião quanto ao dispositivo implantado. Além disso, foi realizada uma pesquisa de campo para a obtenção de informações sobre o local, a velocidade, o fluxo e o volume de veículos referente ao trecho estudado. Este trecho é de elevada importância para a cidade, pois trata-se de um grande corredor viário, utilizado para ligar o centro ao noroeste da cidade. Através dos estudos realizados constatou-se que as características da via não condizem com as recomendações existentes. Os resultados mostram que a utilização de faixas com medidas abaixo do recomendado interfere no trânsito, causando diminuição de velocidade e de volume tráfego na via. Além dos problemas visualmente perceptíveis, existe também o desconforto do usuário ao utilizar uma via com essas novas características.

Palavras-chave: Engenharia de tráfego, Estacionamento, Largura de faixa, Velocidade, Conforto do usuário.

Abstract: The present paper deals with an investigation of the influence of traffic engineering in the road system, through a case study of Rua Padre Agostinho, in the city of Curitiba, in the state of Paraná (Brazil). The device in question refers to the conversion of parking spaces, present on the road, into an additional band of traffic. The main purpose of this intervention is to increase the flow of on-site vehicle traffic. For that, research was conducted with residents, merchants and a collective transportation driver of the region, to know the opinion about the implanted device. In addition, a field survey was carried out to obtain information on the location, speed, flow and volume of vehicles related to the studied section. This stretch is of great importance to the city, as it is a great road corridor, used to connect the center to the northwest of the city. Through the studies carried out it was verified that the characteristics of the track do not comply with the existing recommendations. In addition, the results show that the use of banners with measures below the recommended one interferes in the traffic, causing decrease of speed and of volume traffic in the way. In addition to the visually noticeable problems, there is also user discomfort when using a route with these new features.

Keywords: Traffic engineering, Parking, Bandwidth, Speed, User comfort.

1 Introdução

A verticalização de áreas centrais e o crescimento do número de veículos aumenta consideravelmente a demanda por espaço viário nos grandes centros urbanos. Nesse sentido, um dos grandes desafios da atualidade, com que se deparam os responsáveis pelo planejamento das cidades, é o de melhorar a qualidade de vida nesses locais e atender à exigência gerada pela demanda da população, quanto às suas necessidades de circulação dentro do perímetro urbano. Para isso, é necessário que haja intervenções no sistema de trânsito, de modo a facilitar a circulação, minimizando os efeitos do uso massivo de veículos. Assim sendo é preciso buscar soluções, preferencialmente inovadoras e amparadas por tecnologias atuais, para a realização dessa melhoria.

Desse modo, existem diversos dispositivos de Engenharia de Tráfego que atuam na melhoria do sistema viário. Um desses dispositivos, que se observa com bastante frequência nas grandes cidades, é a retirada de estacionamento para aumentar a capacidade da via. Embora não seja, nesse tempo, uma ideia inovadora, apresenta características notoriamente importantes na melhoria da fluidez do trânsito.

Alguns desses dispositivos, utilizados como solução, deixam margens de dúvidas quanto à sua eficiência. Com a elaboração desse trabalho pretende-se, por intermédio de um estudo de caso, verificar o impacto gerado na substituição de uma faixa de estacionamento por uma faixa de tráfego de veículos e analisar o fluxo de veículos quanto à velocidade média de tráfego com relação à largura das faixas. O referido estudo se deu na Rua Padre Agostinho, grande corredor viário, utilizado para ligar o centro ao noroeste da cidade de Curitiba, no trecho entre as Ruas Alameda Presidente Taunay e Fernando Simas. Neste trabalho a Rua Padre Agostinho foi escolhida, por já existirem estudos de tráfego nesta, anteriores à retirada da faixa exclusiva para estacionamento, possibilitando a realização de um estudo de forma mais assertiva, com resultados mais próximos à realidade.

1.1 Mobilidade urbana nas grandes cidades

A mobilidade urbana e suas implicações têm se configurado como um dos maiores desafios deste século para a sustentabilidade nas cidades. O termo “mobilidade urbana” surgiu a partir da conciliação de alguns fatores: crescimento da cidade, geração de renda, emprego e renovação das estruturas de transporte [5]. A capacidade das principais cidades do mundo de absorver mais carros há muito tempo dá sinais de esgotamento.

No período de 2002 a 2012, a frota de veículos no Brasil teve um aumento significativo de 400%. Esse quadro tem exigido uma nova postura por parte das prefeituras e da sociedade para a busca de soluções [5]. A seguir, na Tabela 1, seguem alguns dados referentes a algumas capitais do Brasil.



Tabela 1 – Dados de mobilidade de algumas capitais do Brasil.

	Porto Alegre	Rio de Janeiro	Curitiba	São Paulo
População	1.416.714	6.390.290	1.776.761	11.376.685
Frota de Veículos	786.235	2.397.904	1.404.235	6.924.394
Veículos por pessoa	0,6	0,4	0,8	0,6

Fonte: [3].

Para a cidade de Curitiba, pode-se ver claramente a partir dos dados citados anteriormente que a relação veículo/pessoa tem um valor de 0,8, ou seja, quase um veículo por habitante. É consenso que o efeito negativo de congestionamentos e poluição em Curitiba e outras cidades se devem principalmente ao uso do veículo individual. Os fatores negativos atrelados ao uso do automóvel são embasados por números da Associação Nacional de Transporte Público. Enquanto no ano de 2012 os transportes coletivos consumiram 25% da energia gasta no transporte urbano, automóveis e motocicletas consumiram 75%, e responderam por menos da metade dos deslocamentos [1]. Entretanto, existem diversos dispositivos de Engenharia de Tráfego que atuam na melhoria do sistema viário. Um desses dispositivos, que vem ocorrendo com bastante frequência nas grandes cidades é a retirada do estacionamento para aumentar a capacidade da via.

1.2 Fatores que afetam a capacidade e os volumes de serviço

Alguns fatores podem interferir nas condições naturais de capacidade e volume de serviço e podem ser divididos em categorias. O que diz respeito à largura da faixa tem especial relevância, pois é bastante pertinente ao estudo de caso desta comunicação técnica.

Segundo [4], as faixas mais estreitas têm menor capacidade sob condições de fluxos contínuos do que as faixas de 3,60m, aceitas como limite, acima do qual a capacidade da via não sofre mais acréscimo. Numa via de duas faixas e mão dupla, um veículo, para efetuar ultrapassagem, obstrui a faixa de sentido contrário ao seu por um tempo maior quando as faixas são mais estreitas. Em vias de várias faixas os veículos invadem as faixas adjacentes com maior frequência quando elas são mais estreitas, ocupando duas faixas em vez de uma.

Ainda segundo o mesmo autor, os valores de referência adotados para a capacidade de uma via semaforizada incluindo vários fatores como espaçamento entre os veículos e poder de frenagem é de 1800 veíc/h, por faixa, de 3,5m de largura, plana, bem pavimentada, com tempo bom. Ações como redução na largura de faixas pode ocasionar interferência na capacidade de uma via. Por exemplo, reduzindo-se de 3,5m para 2,5 m, poderá haver o acréscimo de uma faixa. De acordo com [4], a providência de se reduzir a largura das faixas deve ser reservada para casos críticos de falta de capacidade, pois traz desconforto aos motoristas.

1.3 Legislações com relação às dimensões de faixas de tráfego

É de responsabilidade da União, dos estados e dos municípios a regulamentação de largura mínima para faixas de tráfego. Apesar disso não existe uma lei que forneça obrigatoriedade da largura das faixas. O [2] determina que a resolução nº 236 forneça validade legal ao capítulo de sinalização horizontal do manual brasileiro de trânsito, que determina 2,5 metros a largura mínima para uma faixa, porém no texto este dado aparece apenas como uma recomendação, o que cria margem de dúvidas quanto à interpretação e não torna a resolução obrigatória.

2 Metodologia

A área de estudo se localiza na Rua Padre Agostinho, no trecho entre as Ruas Presidente Taunay e Fernando Simas. Trata-se de uma via de fluxo intenso, com grande circulação de ônibus de transporte público – mini ônibus e ônibus convencional –, que liga o centro a um bairro extremo da cidade. Quando havia a faixa exclusiva para estacionamento, ela possuía 2,28m de largura. A via possui atualmente quatro faixas de tráfego, com largura média de 2,33m, que vão em direção ao Bairro. Em 2002 foi realizada uma pesquisa de contagem de tráfego. Em 2006 a mesma pesquisa foi realizada pelo Diretran (atual Setran). Essas pesquisas foram utilizadas como base de dados para o estudo em questão.

2.1 Caracterização da via no ano de 2008

Em 2008 houve a mudança das faixas de rolamento da Rua Padre Agostinho, a faixa específica para estacionamento foi modificada tornando-se uma faixa adicional de tráfego. A largura atual das faixas são de 2,34m, 2,25m, 2,43m e 2,31m. Também houve a instalação de um semáforo na interseção com a Rua Alameda Presidente Taunay.

2.2 Levantamento de dados

Foram coletados em campo todos os dados necessários para a realização da pesquisa como:

- Pesquisa de Contagem Volumétrica (2h) – foi realizada no mesmo dia e horário das pesquisas anteriores, em uma terça feira das 17h às 19h (período de duas horas), a fim de incluir dados ao trabalho, e fazer comparação entre as contagens de 2002 e 2006 realizadas pelo Instituto Bonilha e pelo Diretran.
- Pesquisa de Contagem Volumétrica (15min) – a fim de conhecer a atual realidade do volume de veículos que trafegam diariamente na Rua Padre Agostinho, foi realizada uma



pesquisa em uma terça feira às 17h e 40min por um período de 15 minutos na Rua Padre Agostinho com as ruas Alameda Presidente Taunay e Fernando Simas.

- Pesquisa de velocidade média de tráfego – Velocidade média que o veículo leva para percorrer um trecho em um determinado tempo. Os trechos percorridos foram os seguintes: Rua Padre Agostinho e Rua Martim Afonso, entre as ruas Alameda Presidente Taunay e Fernando Simas. A Rua Martim Afonso também foi pesquisada para tornar possível a comparação com as velocidades obtidas na Rua Padre Agostinho.
- Entrevistas – Foram realizadas seis entrevistas com moradores da região, nove comerciantes e um motorista de ônibus (transporte público), a fim de se obter dados da via, e fazer a comparação do antes depois da retirada das vagas de estacionamento. As perguntas eram diferentes em quantidade e conteúdo conforme o tipo do entrevistado, porém todas basicamente possuíam o intuito de captar a percepção dessas pessoas sobre acidentes, sinalização e mudanças observadas.

3 Resultados

Como já mostrado no item 2, a contagem volumétrica do ano de 2002, Instituto Bonilha, resultou um valor de UCP igual a 1994 veículos/hora. Em 2006, Diretran, a contagem resultou em um valor igual a 3030 veículos/hora. A última pesquisa, realizada pelas autoras do trabalho, resultou em um valor UCP igual a 3654 veículos/hora. Através dos resultados mencionados acima, pode-se perceber um aumento de 45,4% de veículos que passam no trecho em estudo, entre os anos de 2002 e 2013, o que é muito significativo.

Quanto aos resultados de velocidade média, obteve-se para a Rua Padre Agostinho 57 km/h, velocidade essa inferior a desejável de 60 km/h. Já na Rua Martim Afonso, a velocidade média dos veículos resultou em 72km/hora, o que significa que os veículos trafegam com 20% a mais de velocidade se comparado com a Rua Padre Agostinho, que possui o mesmo número de faixas, entretanto mais estreitas. Com as medições e o paralelo comparativo realizado com a rua Martim Afonso constatou-se que apesar da ação de retirada de uma faixa de estacionamento a favor de um número maior de faixas de tráfego ser uma medida adotada em função de melhorar o fluxo de veículos o resultado foi diferente do esperado, pois a largura fora dos padrões mínimos recomendados gerou nos motoristas receio a ponto de diminuir a velocidade por segurança.

Já com relação às entrevistas feitas, o que mais se destacou foi o questionamento sobre as mudanças percebidas na via depois da inclusão da nova faixa: diminuição da velocidade do tráfego, aumento do número de veículos, diminuição do conforto e dificuldade para estacionar. Dentre esses aspectos o que teve maior impacto foi a dificuldade para estacionar citada por 50% dos entrevistados. 42% dos entrevistados consideraram a mudança ruim e também foi citado o desconforto causado pela pouca distância entre as faixas. Destacou-se também a dificuldade diária do motorista de ônibus

em realizar uma direção defensiva sendo a via tão estreita, a situação também foi apontada por comerciantes e moradores como causa de pequenos acidentes.

4 Conclusões

Pode-se verificar com este trabalho que os problemas de mobilidade ocorrem em todo o mundo. Cada região possui características que proporcionam soluções que lhe cabem melhor, assim, todo estudo referente ao tráfego deve ser afinado de tal forma que tragam os resultados mais favoráveis possíveis para o local.

Os resultados comprovaram que a intervenção na via não trouxe o resultado satisfatório, apesar de acrescentar uma faixa, a via não tem a mesma eficiência que a Rua Martim Afonso, que possui características semelhantes, mas com a diferença de possuir faixas mais largas. Através dos estudos chegou-se a conclusão de que a Rua Padre Agostinho deveria ser redimensionada. Ao invés de ter quatro faixas, o melhor seria ter três faixas com aproximadamente 3m de largura cada, trazendo mais conforto aos motoristas, comportando os veículos de maior porte adequadamente e com aumento na velocidade média.

Outras alternativas, mas que requerem estudos específicos seriam:

- Redimensionar as quatro faixas já existentes, avançando sobre o perímetro dos passeios;
- Criar uma faixa mais larga e exclusiva para os veículos de maior porte;
- Incentivos econômicos e facilidades de crédito para a população para a compra de veículos de menor porte.

É preciso levar em consideração que as mudanças no tráfego são constantes, portanto não é recomendado se ater apenas a implantação de uma medida para melhoria sem as pesquisas e soluções da Engenharia de Tráfego. O desenvolvimento urbano em determinadas regiões, portanto, pode tornar ineficientes as técnicas de intervenção utilizadas anteriormente, sendo necessário adaptá-las visando um resultado compatível com as necessidades locais.

Referências

[1] ANTP (2012). **Associação Nacional de Transporte Público**. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

[2] CONTRAN (2007) **Manual Brasileiro de Sinalização - Volume IV- Sinalização horizontal, cap 5. Resolução 236/ 07**.

[3] MOBILIZE. **Dados de mobilidade**. Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/acompanhe-a-mobilidade/default.aspx?cidade=4>>. Acesso em: 12 nov. 2017.



[4] NETO, J. C.; **Notas De Aula (1 e 5)**. Disponível em: <http://meusite.mackenzie.com.br/professor_cucci/aulas.htm>. Acesso em: 2 nov. 2017.

[5] REBOUÇAS, F.; **Mobilidade urbana**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/transporte/mobilidade-urbana/>>. Acesso em: 4 nov. 2017.



ELABORAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE AUTOAVALIAÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA NO SETOR PÚBLICO MUNICIPAL

L. Ribeiro¹; N. de Sousa²; J. T. Bastos³; B. P. S. Branco⁴

^{1,2,3,4} Universidade Federal do Paraná, Av. Coronel Francisco H. dos Santos, 100, Jd. das Américas. Curitiba/PR

⁴ Observatório Nacional de Segurança Viária, Rua Nove de Julho, 831, Vila Georgina. Indaiatuba, São Paulo.
ribeiroluana48@yahoo.com.br¹, nati.gds@hotmail.com², jtbastos@ufpr.br³, beatriz.branco@onsv.org.br⁴

Resumo: Uma das principais mudanças trazidas pelo novo Código de Trânsito Brasileiro foi a atribuição ao município da responsabilidade sobre a gestão do trânsito. Isso significa que todos os municípios deveriam compor uma estrutura para realizar as atividades de engenharia, fiscalização e educação de trânsito. Com isso, o objetivo deste artigo é apresentar uma Ferramenta de Autoavaliação da Segurança Viária para o setor público municipal. A ferramenta proposta é formada por um conjunto de dez domínios: municipalização do trânsito, aderência à legislação urbanística, transporte não motorizado, monitoramento da segurança viária, controle de tráfego, gestão da velocidade, fiscalização, educação para o trânsito, sinalização de trânsito e regulamentações adicionais. Cada domínio da ferramenta decompõe-se em subdomínios com métricas de avaliação da situação correspondente, que são: prática líder, prática intermediária, prática inicial e prática inexistente. A partir da avaliação de cada quesito tem-se um diagnóstico para o município, podendo ser utilizado como autoavaliação, bem como para o planejamento de ações para a melhoria do processo de gestão da segurança viária.

Palavras-chave: Gestão da segurança viária, Ferramenta de autoavaliação, Municipalização do trânsito.

Abstract: One of the main changes brought by the new Brazilian Traffic Code was the attribution of responsibilities about managing the city traffic. This means that every city should have a structure responsible of certain activities such as engineering, supervision and traffic education. Therefore, the objective of this paper is to introduce a tool of self-assessment of road safety to the public sector. The proposed tool is formed by a set of domains: traffic municipalization, adherence to the urbanistic legislation, non-motorized transport, road safety monitoring, traffic control, speed management, supervision, traffic education, traffic signaling and additional regulations. Each domain of the tool is composed by subdomains with metrics to evaluate the corresponding situation: leader practice, intermediate practice, initial practice and inexistent practice. The evaluation of each item results on a diagnosis for the city, which can be used as a self-evaluation, as well for planning some actions that would improve the road safety management process.

Keywords: Road safety management, Self-assessment tool, Traffic municipalization.

1 Introdução

No contexto global, a gestão da segurança no trânsito é indicada como um dos cinco pilares da Década Mundial de Ações para a Segurança Viária – estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o período que vai de 2011 a 2020 – necessários para que os países consigam atingir a meta de redução de 50% do número de mortes no trânsito previsto para 2020 [1]. No cenário brasileiro, atingir a meta proposta pela ONU representa uma redução de 42.542 mortes em 2010 para 31.483 mortes em 2020 [2]. Entretanto, o que se observa é que as mortes no trânsito apresentam uma tendência de crescimento a partir do ano 2000, que pode ter decorrido após o então novo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) ter entrado em vigor [3].

Entre os avanços trazidos pelo CTB de 1998 está a “municipalização do trânsito”, processo no qual o município passa a ser responsável integral, legal, administrativa e tecnicamente, pelos serviços de trânsito relativos à engenharia, fiscalização, educação de trânsito, levantamento e gestão de dados coletados [4]. Dessa maneira, a responsabilidade de garantir a circulação segura de pessoas e recursos está, sobretudo, no município. A municipalização se caracteriza então como passo inicial para a realização das tarefas de gestão da segurança viária e para contribuir no sentido de atingir a meta de redução do número de mortes.

Tendo em vista a relevância do tema e o baixo número de municípios integrados ao Sistema Nacional de Trânsito (SNT)[5], o presente trabalho oferece uma contribuição para que gestores do setor público municipal, possam avaliar as ações municipais em termos de segurança viária. Entende-se que a realização de um diagnóstico é fundamental para a identificação tanto de boas práticas como de deficiências capazes de influenciar na situação da segurança viária no âmbito municipal.

2 Metodologia

2.1 Concepção e construção da ferramenta

Inicialmente foram determinados domínios da FASV, ou seja, os temas associados à gestão da segurança viária que a ferramenta deveria contemplar. A partir desta escolha, foi realizada a pesquisa bibliográfica sobre aspectos que poderiam ser relevantes para a ferramenta conforme cada tema. Com base no objetivo e no referencial teórico, partiu-se para a construção da ferramenta.

2.1.1 Estrutura da ferramenta

Os temas selecionados para avaliação dos municípios foram: municipalização do trânsito, aderência à legislação, transporte não motorizado, monitoramento/gestão da segurança viária, controle de tráfego, gestão da velocidade, fiscalização, educação para o trânsito e regulamentações adicionais, os quais determinam os domínios que constituem a FASV.

Cada domínio, por sua vez, é composto por diversos temas importantes para a realização de uma avaliação objetiva da gestão da segurança viária no município, que foram denominados de subdomínios. Para avaliar a situação relativa a cada subdomínio, foram estabelecidos quatro tipos de situações: ausência da prática, prática inicial, prática intermediária e prática avançada. No exemplo da Figura 1, observam-se os subdomínios de um do domínio específico, que se repetem para cada tema, de acordo com o porte de cada município.

MUNICIPALIZAÇÃO				
	Ausência da prática	Prática inicial	Prática intermediária	Prática avançada
Processo de integração ao SNT	Não há nenhuma ação para iniciar o processo de integração do município ao SNT.	O processo de municipalização já foi iniciado, porém há dificuldades em algum elemento da estrutura necessária.	O processo de municipalização foi concluído, porém há dificuldades na prática das ações de engenharia, fiscalização e educação para o trânsito.	O processo de municipalização já foi plenamente concluído e há ações efetivas de engenharia, fiscalização e educação para o trânsito.
Área de engenharia	Não há nenhuma iniciativa em relação à engenharia de trânsito.	Apesar da estrutura institucional necessária, não há uma equipe de profissionais de engenharia/arquitetura responsáveis pelo setor.	Apesar da estrutura institucional necessária, há uma equipe pouco estruturada de profissionais de engenharia/arquitetura responsáveis pelo setor.	Há uma equipe de profissionais habilitados na área de engenharia responsáveis pelos estudos e intervenções na área.
Área de fiscalização	Não há nenhuma iniciativa em relação à fiscalização de trânsito.	Apesar da estrutura institucional necessária, não há uma equipe de agentes que atue constantemente em atividades de fiscalização.	Apesar da estrutura institucional necessária e de uma equipe de agentes, há dificuldades operacionais que impedem o exercício contínuo das atividades de fiscalização.	Há uma equipe fixa de agentes que garantem a realização continuada de atividades de fiscalização de trânsito.
Área de educação	Não há nenhuma iniciativa em relação à educação para o trânsito.	Há ações isoladas desenvolvidas por diferentes órgãos.	Há ações continuadas de educação para o trânsito de acordo com um planejamento pré definido, apesar de não haver uma Escola Pública de Trânsito.	Há ações continuadas de educação para o trânsito de acordo com um planejamento pré definido. Há uma Escola Pública de Trânsito que desempenha atividades de educação para o trânsito voltadas para a sociedade em geral.
Recursos das multas	Não há estrutura para arrecadação de valores de multas.	Apesar da criação da JARI, há dificuldades no acesso ao recurso das multas.	Apesar da criação da JARI, há dificuldades para aplicação dos recursos de multas.	Há uma JARI e os recursos das multas são aplicados em projetos de trânsito.

Figura 1 – Aplicação das régua para Municipalização.

Fonte: Os autores (2016).

Na ferramenta, cada tema é apresentado com as alternativas das régua como resposta. As régua consistem na estrutura da FASV. Cada subdomínio é um tema a ser refletido e respondido e os níveis das régua são as alternativas a serem assinaladas. Na Figura 2, a seguir, é apresentada a relação de todos os subdomínios avaliados.

	Subdomínios	Domínios
1	Plano de transporte público integrado	LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA
2	Plano diretor	
3	Plano de mobilidade	
4	Compatibilização entre os planos	
5	Plano de desenvolvimento urbano integrado	
6	Processo de integração ao SNT	MUNICIPALIZAÇÃO DO TRÂNSITO
7	Área de engenharia	
8	Área de fiscalização	
9	Área de educação	
10	Recursos das multas	TRANSPORTE NÃO MOTORIZADO
11	Programa de manutenção e extensão de calçadas	
12	Programa de adequação de calçadas/meio fio para PNE	
13	Condições da segurança pública que afetam a demanda	
14	Planejamento cicloviário	
15	Expansão da rede cicloviária	
16	Extensão da rede cicloviária	
17	Estacionamento para bicicletas	
18	Condições da segurança pública que afetam a circulação de ciclistas	MONITORAMENTO
19	Estatística de acidentes	
20	Planejamento e monitoramento das ações	GESTÃO DA VELOCIDADE
21	Controle eletrônico de velocidade	
22	Medidas físicas de controle de velocidade	EDUCAÇÃO PARA O TRÂNSITO
23	Ações continuadas de educação para o trânsito empreendidas em escolas municipais	
24	Ações continuadas de educação voltadas para a sociedade em geral	CONTROLE DE TRÁFEGO
25	Gestão da sinalização	
26	Estratégias de controle de tráfego (apenas placa, semáforo e rotatória)	FISCALIZAÇÃO
27	Tecnologia no controle semaforico - coordenação semaforica, controle de avanço do sinal e semáforos atuados pelo tráfego	
28	Número de agentes	REGULAMENTAÇÕES ADICIONAIS
29	Programas de treinamento de agentes	
30	Política de fiscalização	
31	Dispositivos de fiscalização	
32	Existência de regulamentações adicionais	
33	Vistoria	

Figura 2 – Relação dos Subdomínios da FASV.

Fonte: Os autores (2016).

Também foram definidos parâmetros para determinação de filtros para classificação de grupo. Estes parâmetros são: a população do município, o município faz parte ou não de Região Metropolitana, e o município está ou não integrado ao SNT.

Com relação à população do município, a aplicação da Ferramenta é dividida em grupos, conforme: (1) menor que 20 mil habitantes (população para o qual é dispensado o Plano Diretor e o Plano de Mobilidade); (2) entre 20 mil e 500 mil habitantes; e (3) maior que 500 mil habitantes (população acima da qual é necessário que o município apresente um Plano Integrado de Transporte Público).



2.1.2 Ferramenta de aplicação

A plataforma escolhida para iniciar a ferramenta foi o *Google forms*, que é um dispositivo gratuito e *online* para elaboração de questionários, e que apresentava os recursos necessários para a construção e aplicação da FASV, além da praticidade. Além disso, outro motivo que levou a essa escolha foi a facilidade para disponibilizar a ferramenta aos municípios.

Após o usuário terminar de responder e enviar suas respostas, estas ficam armazenadas no próprio site do *Google forms*, em um campo de acesso exclusivo dos autores. Estas podem ser visualizadas individualmente em forma de questionário preenchido (para cada município respondente), ou coletivamente (todas as respostas) em forma de gráficos gerados pela própria plataforma. O *Google forms* mostrou-se uma plataforma bastante prática para aplicação do questionário.

2.2 Validação da ferramenta

Após o processo de elaboração da FASV, sua aplicabilidade foi testada em três municípios. As cidades que colaboraram nesta etapa foram Curitiba/PR (grande porte), Sorocaba/SP (médio porte) e Tibagi/PR (pequeno porte). Houve contato com membros do corpo técnico do setor público municipal, os quais se dispuseram a colaborar com o trabalho. A principal preocupação era verificar se a FASV se adequava a municípios de diferentes portes. Dessa forma, foi solicitado que fossem realizadas avaliações como: a adequação da ferramenta à realidade do município; a interpretação das réguas; se houve elementos importantes que não foram contemplados pela ferramenta; e sugestões.

O retorno recebido foi principalmente em relação à linguagem técnica utilizada; à necessidade de conhecimentos de várias áreas para responder, necessitando de mais de um funcionário para poder responder às questões; e à adequação a realidade de cada município, levando em consideração as características específicas e peculiaridades de cada um. Baseado no retorno dos municípios, foram realizados ajustes na FASV para melhoria e adequação às diferentes realidades, bem como alterações na sequência lógica da ferramenta.

3 Resultados

Nos resultados serão abordadas a FASV final – após a validação realizada a partir de sugestões de profissionais consultados –, e também o que a FASV pode gerar para o município – como um diagnóstico da situação atual em relação à segurança viária, por exemplo.

3.1 A ferramenta proposta

A ferramenta foi disponibilizada em uma página da internet e é acessada através de um link que pode ser transmitido via *e-mail*. Ao acessar a página, o usuário se depara com a identificação da FASV e logo em seguida com um breve texto de instruções básicas. Após esse processo, o usuário inicia o preenchimento da ferramenta. Os primeiros dados solicitados são o *e-mail* do técnico responsável pelo preenchimento, e o nome do município. Na sequência, é questionada a população da cidade analisada e então o preenchimento de cada domínio e respectivos subdomínios.

Com a utilização da FASV, o município consegue analisar sua situação atual em relação à gestão da segurança viária municipal com o auxílio de um arquivo de diagnóstico gerado pela ferramenta. A geração deste diagnóstico ainda não ocorre de forma automatizada, pois depende do tratamento dos dados e envio dos resultados ao município por uma pessoa que entenda do assunto.



Figura 3 – Procedimento para obter o diagnóstico pela FASV.

Fonte: Os autores (2017).

3.2 Diagnóstico

Conforme a definição da FASV, os cinco tipos de situações que podem ser encontradas em cada subdomínio são: não apto a responder ou não se aplica; ausência da prática; prática inicial; prática intermediária; e prática avançada. Para cada uma dessas situações foi definida uma porcentagem de desempenho. Na Figura 4, o desempenho para cada subdomínio é apresentado em escala de cores e porcentagem.

Não se aplica	Ausência de prática	Prática inicial	Prática intermediária	Prática avançada
-	0%	33%	67%	100%

Figura 4 – Desempenho para cada Subdomínio.

Fonte: Os autores (2016).

O diagnóstico permite observar de um modo geral a situação do município. Para tal, calcula-se o desempenho médio dos subdomínios pertencentes a cada domínio.

Para os exemplos a seguir, parte-se da hipótese de um município, com população superior a 500 mil habitantes, pertencente à região metropolitana e que possui seu trânsito municipalizado.

3.2.1 Exemplo de aplicação – Desempenho de cada subdomínio

A análise de desempenho do município pode ser observada com um gráfico de barras dos subdomínios referentes a cada domínio pertencente, oferecendo uma fácil leitura do desempenho. Na Figura 5, têm-se o domínio da Legislação Urbanística para ilustrar o exemplo considerado. Para cada subdomínio existe uma prática selecionada de acordo com a realidade do município. Complementarmente, para cada prática, está associada uma porcentagem do seu desempenho, como pode ser observado na Figura 6.

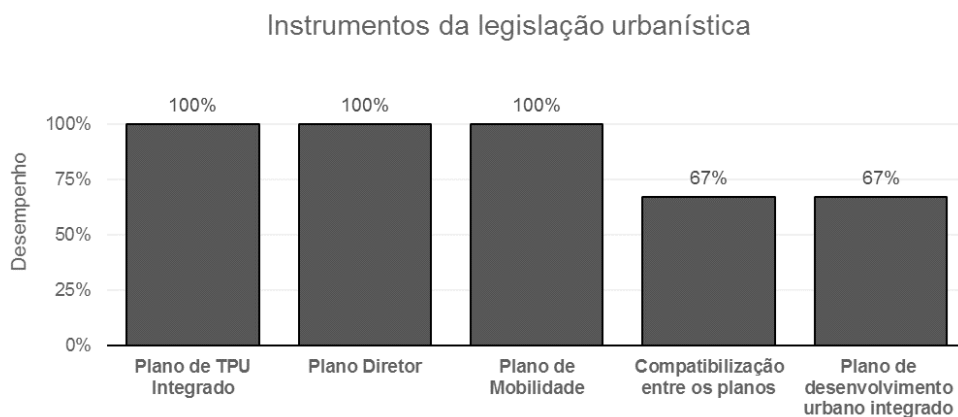


Figura 5 – Gráfico de desempenho dos Subdomínios dos Instrumentos da Legislação Urbanística.

Fonte: Os autores (2016).

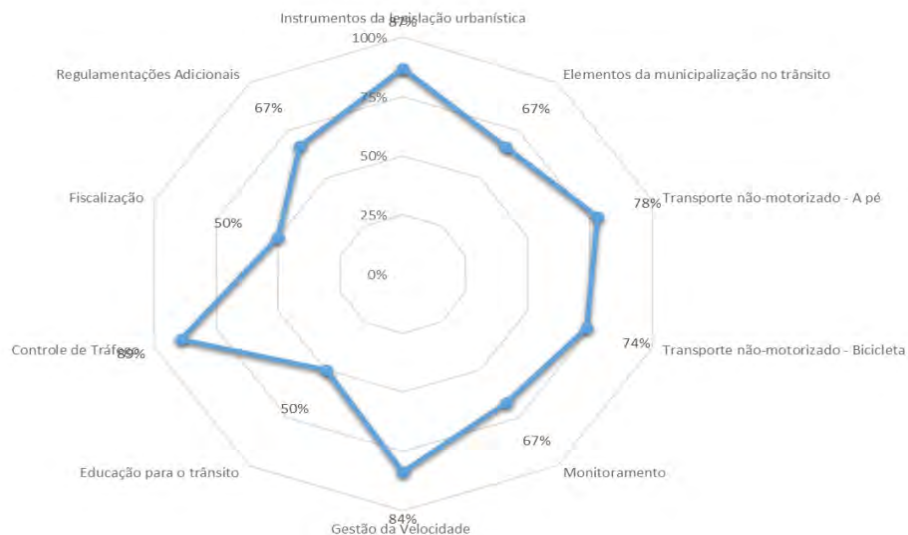


Figura 6 – Gráfico de avaliação geral do desempenho médio dos Domínios.

Fonte: Os autores (2016).

3.2.2 Exemplo de aplicação – Tabela de Desempenho

A Tabela de Desempenho é uma classificação do desempenho de modo geral avaliado subdomínio a subdomínio. É utilizada uma escala de cores com o mesmo critério apresentado na Figura 6. Na Figura 7, pode-se observar um exemplo de Tabela de Desempenho.

Em resumo, apresenta o desempenho conjunto de todos os domínios e seus subdomínios por meio de uma visualização bastante clara dos pontos fracos e fortes, assim podendo se ter uma base para montar uma estratégia para melhorar a gestão da segurança viária do município – plano de ações.

Legislação urbanística	
Plano de (TPU) transporte público integrado	Verde
Plano Diretor	Verde
Plano de Mobilidade	Verde
Compatibilização entre os planos	Azul
Plano de desenvolvimento urbano integrado	Azul
Elementos da Municipalização	
Área de engenharia	Verde
Área de educação	Amarelo
Área de fiscalização	Verde
Recursos de multas	Amarelo
Transporte não-motorizado - A pé	
Programa de manutenção e extensão de calçadas	Verde
Programa de adequação de calçadas/meio-fio para PNE	Azul
Condições da segurança pública que afetam a circulação de pedestres	Azul
Transporte não-motorizado - Bicicleta	
Planejamento cicloviário	Azul
Expansão da rede cicloviária	Azul
Extensão da rede cicloviária	Azul
Estacionamento para bicicletas	Azul
Condições da segurança pública que afetam a circulação de ciclistas	Verde
Monitoramento	
Estatística de acidentes	Azul
Planejamento e monitoramento de ações	Azul
Gestão da Velocidade	
Controle eletrônico de velocidade	Azul
Medidas físicas de controle de velocidade	Verde
Educação para o Trânsito	
Ações continuadas de educação para o trânsito nas escolas municipais	Amarelo
Ações continuadas de educação voltadas para a sociedade em geral	Azul
Controle de Tráfego	
Gestão da Sinalização	Azul
Estratégia de controle de tráfego (apenas placa, semáforo e rotatória)	Verde
Tecnologia no controle semafórico - coordenação semafórica, controle de avanço do sinal e semáforos atuados pelo tráfego	Verde
Fiscalização	
Número de agentes	Azul
Programas de treinamento de agentes	Amarelo
Política de fiscalização	Amarelo
Dispositivos de fiscalização	Azul
Regulamentações adicionais	
Existência de regulamentações adicionais	Azul
Vistoria	Azul

Figura 7 – Diagnóstico: Tabela de Desempenho.

Fonte: Os autores (2016).



4 Conclusões

A elaboração da FASV consistiu em um passo inicial para a disponibilização mais ampla de uma forma de diagnóstico para os municípios brasileiros. No entanto, ainda há muito espaço para aprimoramentos, principalmente no sentido da automatização dos processos de geração e envio do arquivo de diagnóstico.

Em um momento futuro, após uma amostra razoável de municípios já terem respondido à ferramenta, análises comparativas entre municípios podem ser realizadas, por exemplo, no sentido de associar o desempenho dos municípios nos diferentes domínios e as taxas de acidentalidade/mortalidade no trânsito, o nível de renda, nível de desenvolvimento humano, entre outros indicadores que influenciam na situação da segurança viária.

Referências

- [1] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. **Plano Global para a Década de Ação para Segurança Viária 2011 – 2020**. 2011, Suíça. Disponível em: <http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/plan_english.pdf?ua=1>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- [2] BASTOS, J. T., BERNARDINIS, M. A. P., BUHER, B. M. C., JÚNIOR, P. R. G.. **Uma retrospectiva acerca do desempenho brasileiro no contexto da década mundial de ações para a segurança viária**. In: XXX ANPET, 2016, Rio de Janeiro. Caderno do Congressista.
- [3] CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO – CTB – **LEI Nº 9.503**, de 23 de setembro de 1997.
- [4] MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Pacto para reduzir acidentes de trânsito é assinado no Ministério das Cidades**. 2011, Brasília. Disponível em: <<https://www.cidades.gov.br/ultimas-noticias/1006-pacto-para-reduzir-acidentes-de-transito-e-assinado-no-ministerio-das-cidades>>. Acesso em: 16 nov. 2017.
- [5] MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Serviço de Informação ao Cidadão – SIC**. Disponível em: <<http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Item/displayifs.aspx?List=0c839f31-47d7-4485-ab65-ab0cee9cf8fe&ID=466537&ContentTypeId=0x0100AE261DF45E46AD47A7DEBCBDF8776B88>>. Acesso em: 28 set 2017.



EMBARQUE E DESEMBARQUE NA PUCPR: O IMPACTO DO TRANSPORTE FRETADO NO ENTORNO DO *CAMPUS* CURITIBA

A. D. Pessin¹; F. von der Osten²; R. L. Witiuk³; I. A. C. F. Barros⁴

^{1,3,4} *Graduando do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*

² *Professora do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*

ariel.pessin@pucpr.br¹, fabiana.osten@pucpr.br², rafael.witiuk@pucpr.br³, isabela.barros@pucpr.br⁴

Resumo: A Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) é um destino comum para inúmeros motoristas de transporte fretado. De modo que ocorre lentidão na sua principal via de acesso em decorrência da parada de veículos desse modal. Devido a esse problema, foi realizado credenciamento para os fretados acessarem os estacionamentos, facilitando embarque e desembarque. Com o intuito de avaliar as medidas adotadas pela universidade para diminuição do congestionamento nos períodos de pico, procedeu-se pesquisa de campo e observação in loco. A pesquisa de campo foi realizada junto aos motoristas das vans e empresa que administra o estacionamento, através de entrevista semiestruturada. A pesquisa junto aos motoristas de vans teve como objetivo identificar quantos estudantes da PUCPR são transportados, seus locais de embarque e desembarque e as vias utilizadas para o acesso à universidade. Através da observação identificou-se a situação da principal via de acesso ao *campus* em seus horários de maior fluxo. Os resultados apontam que o credenciamento de motoristas proporcionou uma liberdade de acesso das vans, importante e essencial para não haver uma concentração de veículos na mesma área. Conclui-se que é necessário também adotar medidas que busquem organizar a situação de outros modais de transportes no embarque e desembarque.

Palavras-chave: Van, Acessibilidade, Credenciamento.

Abstract: The Pontifical Catholic University of Paraná (PUCPR) is a common destination to several drivers of chartered transport. So that slowness occurs in its main access road due to the number of vehicles of this type. Due to this problem, the charter was issued for drivers to access the parking lots facilitating the embarkation and disembarkation. With the purpose of evaluating the measures adopted by the university to reduce congestion in peak periods, proceeded field research and observation at the site. The field research was carried out with the drivers of the vans and the company that manages the parking lot through a semi-structured interview. The research with the drivers of vans aimed to identify how many PUCPR students are transported, their places of embarkation and disembarkation and the routes used as access to the university. Through observation the situation of the main access route to the campus was identified in its times of greater flow. The results indicate that the accreditation of drivers provided a free access to the vans, important and essential for not having a concentration of vehicles in the same area. It's concluded that measures are also required to organize the situation of other modes of transport on boarding and disembarking.

Keywords: Van, Accessibility, Licensing.

1 Introdução

Os modais de transporte coletivo trazem benefícios ecológicos quanto à ocupação viária quando comparados a automóveis. Isso ocorre devido à capacidade superior que este sistema apresenta para transportar pessoas. Somado a isso, deve-se levar em consideração o menor impacto ambiental que os veículos fretados possuem em relação aos particulares e a diminuição considerável nos níveis de congestionamento nas vias urbanas [1].

Mesmo sendo um dos melhores avaliados, o transporte público de Curitiba ainda é considerado um meio de locomoção precário [2]. Com isso, uma viável solução aos usuários desse transporte foi utilizar carros particulares para locomoção. No entanto, isso gerou um aumento o número de automóveis nas ruas [3]. Reflexo dessa realidade é o congestionamento das vias periféricas de espaços como os das vias de acesso ao *campus* da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) intensificado em grande medida, pela ocupação das pistas laterais por motoristas de veículos particulares no momento de embarque e desembarque de clientes. Ainda é incipiente a quantidade de estudos desse impactante aspecto da mobilidade nas proximidades da PUCPR.

O *campus* principal da PUCPR, que é considerado neste estudo, está localizado no bairro Prado Velho, em Curitiba (PR). Mesmo se tratando de uma universidade renomada, de acordo com o jornal Gazeta do Povo [4], é notório observar que esse centro universitário possui apenas a Avenida Senador Salgado Filho e da Rua Imaculada Conceição para acessá-la utilizando veículo motorizado, que, no conjunto, alcançam os Portões 1 e 2¹. Isso porque, de acordo com [5], a PUCPR possui, somente em seu *campus* de Curitiba, um total de 27.097 discentes matriculados. Essa única possibilidade de acesso com veículos motorizados gera uma concentração de tráfego em suas proximidades.

Atualmente, o estacionamento da universidade é terceirizado. Segundo informação obtida junto a AutoPark, empresa responsável pela administração do estacionamento, há 38 vans cadastradas no sistema de acesso aos estacionamentos. As vans cadastradas podem entrar de forma gratuita pelas cancelas normais e permanecer 30 minutos para embarcar e desembarcar seus usuários. As entrevistas realizadas no decorrer desta pesquisa indicam que antes do cadastramento, as vans não podiam usar as cancelas e dependiam dos funcionários do *campus* para abrir o portão de carga e descarga, o que diminuía a rotatividade de acesso aos estacionamentos.

Um dos temas a ser discutido é que, mesmo depois do cadastramento, muitas vans continuam parando ao longo da Rua Imaculada Conceição, o que juntamente aos outros modais de transportes, gera um transtorno aos condutores e congestionamento em horários de pico.

Um dos focos desse estudo é entender a atual situação do embarque e desembarque de veículos fretados após o programa de credenciamento a fim de traçar o cenário desse modal de transporte. Assim, o objetivo último deste trabalho é avaliar a medida adotada pela universidade e verificar a

¹ Não foi considerado o Portão 3 do *campus* universitário por ele atualmente ser usado apenas por alunos do TECPUC, divergindo do foco do presente estudo que considera somente estudantes universitários.



viabilidade de locais para embarque e desembarque na PUCPR. Além disso, o trabalho em pauta apresenta um cenário da situação do transporte na principal via de acesso à universidade.

2 Metodologia

Com o objetivo de verificar a atual situação do embarque e desembarque das vans na universidade, inicialmente foi realizada uma entrevista com a AutoPark. A empresa foi interrogada quanto ao número de vans credenciadas e ao funcionamento do novo sistema de credenciais para o acesso às dependências da universidade. Em seguida, foi realizada entrevista semiestruturada com 24 motoristas de vans fretadas para conhecer a perspectiva desses profissionais a respeito deste novo sistema.

De início, foram elaborados dois questionários distintos a serem aplicados com os motoristas: o primeiro visava a elucidar a situação de embarque e desembarque de usuários de vans fretadas dentro do *campus* universitário conforme o novo sistema de credenciamento; o segundo buscava evidenciar a razão pela qual parte dos motoristas não aderiram ao referido sistema.

A entrevista semiestruturada com os motoristas credenciados no programa abordou perguntas referentes aos seguintes temas: localização do pontos de embarque e desembarque de passageiros antes da iniciativa de credenciamento; tempo de espera para obtenção da credencial; suficiência do período estipulado pela Autopark para efetuar embarque e desembarque dos usuários; localização do ponto de parada para esperas superiores a 30 minutos; problemas relacionados ao novo sistema; e necessidade de criação de nova área de embarque e desembarque com saída direta para a Avenida Comendador Franco.

Para os motoristas não credenciados foram feitas perguntas voltadas para determinar se estavam cientes do programa de credenciais, elucidar o motivo de não utilizarem esse sistema e onde ocorrem o embarque e desembarque de estudantes, posto que o condutor da van não tem acesso ao estacionamento.

Os questionários aplicados com motoristas credenciados e não credenciados tinham ainda em comum perguntas referentes aos seguintes temas: quantidade de estudantes da universidade transportados nos períodos matutino e noturno; vias utilizadas para chegar à universidade; e quanto a existência de algum incidente antes da implantação do sistema de credenciais.

A partir das respostas obtidas foi possível traçar um padrão de comportamento para os motoristas credenciados. No que se refere aos motoristas não credenciados, mesmo sendo uma pequena amostragem obtida no decorrer das entrevistas, pode-se identificar alguns dos motivos de não possuírem credencial.

Quanto à aplicação dos questionários um problema inicialmente previsto foi o local em que as entrevistas semiestruturadas seriam realizadas, por não se saber ao certo os pontos de parada dos motoristas. Sendo assim, durante o desembarque de alunos na frente do Portão Principal do *campus*

eram abordados os motoristas, público-alvo a ser entrevistado, esclarecendo aos mesmos quanto ao objetivo da pesquisa e solicitado número de telefone para contato posterior e agendamento da entrevista. No decorrer das entrevistas foi identificado que o estacionamento do hipermercado Carrefour localizado, na Avenida Marechal Floriano Peixoto, 3031, no bairro Rebouças, agrupava os motoristas de vans fretadas para aguardar a saída dos estudantes dos períodos matutino e noturno. Nos dois períodos havia, em média 17 vans paradas no local, possibilitando realizar a pesquisa com participação de uma quantidade considerável de motoristas.

Além disso, foi utilizada a técnica de observação. Observaram-se o embarque e o desembarque de estudantes de diferentes modais de transportes na Rua Imaculada Conceição, próximo ao Portão Principal devido à concentração de veículos naquela região. A análise ocorreu durante 3 dias da semana nos horários de 12h40 e 18h15, horários que foram definidos por serem considerados pela administradora do estacionamento como os dois momentos de maior fluxo de saída e chegada de estudantes, respectivamente [5].

3 Resultados

A partir da entrevista realizada com a empresa administradora do estacionamento, a AutoPark, foi identificado que a criação das credenciais foi proposta devido a necessidade dos motoristas de acesso ao estacionamento, e que foram implementadas a partir de agosto de 2017, autorizando permanência de 30 minutos sem cobrança.

Segundo a AutoPark, existem 38 vans cadastradas no novo sistema. Conhecendo a quantidade de usuários transportados por cada van credenciada de acordo com a pesquisa realizada, é possível calcular médias aritméticas e estimar a quantidade de estudantes que as utilizam. A Tabela 1 ilustra a média de ocupação das vans cadastradas nos períodos matutino e noturno:

Tabela 1 – Média de estudantes transportados por vans credenciadas.

Período	Ocupação média
Matutino	11,4
Noturno	13

Após análise da Tabela 1 pode-se perceber que somente as vans credenciadas transportam aproximadamente 930 usuários. Vale ressaltar que nessa análise é considerado apenas estudantes transportados por vans credenciadas.

Com relação às entrevistas semiestruturadas com os motoristas das vans, foi identificada grande dificuldade para tabular e agrupar os dados das respostas levantadas, dada a diversificação destas. Do total de entrevistados, 14 motoristas credenciados afirmaram que mesmo antes de emitidas as

credenciais estes já possuíam acesso ao estacionamento interno da universidade, sendo que o acesso ao estacionamento no período noturno acontecia às 22 horas e a saída por volta das 23 horas. O acesso era realizado pelo portão de carga e descarga, próximo ao Portão 2, e dependia do auxílio da equipe do estacionamento, o que gerava o enfileiramento de alguns carros caso houvesse atraso na liberação. Situação análoga foi relatada ainda por 4 entrevistados de vans credenciadas que acessavam o estacionamento através do Portão 1 da universidade no período matutino entre 12 e 13 horas. A Figura 1 ilustra o posicionamento dos Portões 1 e 2.

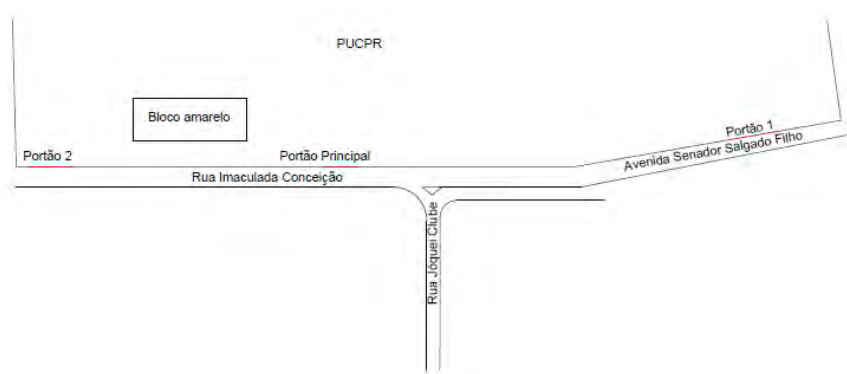


Figura 1 – Região de maior incidência de embarque e desembarque.

É unânime entre os motoristas entrevistados que o novo sistema de cadastramento com permanência de até 30 minutos contribuiu consideravelmente para melhoria do serviço de vans e do atendimento da comunidade acadêmica. Dentre as vantagens citadas pelos motoristas, destaca-se a independência da equipe do estacionamento, a facilidade de acesso ao *campus* e a praticidade para estudantes e motoristas. Sendo assim, hoje o acesso ao estacionamento é efetuado no período matutino às 12h30 e no noturno às 22h40. Com relação às saídas, estas ocorrem às 13h00 e às 23h05, considerando os períodos matutino e noturno, respectivamente. Nesses horários, os estacionamentos encontram-se parcialmente vazios, facilitando a locomoção das vans.

Mesmo antes da autorização para utilizar as cancelas os motoristas que entram pelo Portão 2 sempre fizeram o embarque no mesmo local. Ele ocorre entre o Bloco amarelo e a Rua Imaculada Conceição; dentro da universidade. Os condutores que entram pelo Portão 1 continuam utilizando o local à esquerda do ponto de entrada para efetuar o embarque.

Constatou-se que 58% dos motoristas entrevistados acessam a PUCPR pela Rua Jóquei Clube (veja-se a Figura 1). Todos relataram dificuldades para trocar de faixa em horários de maior fluxo devido à falta de lugar para desembarcar os estudantes e para acessar a faixa de desembarque.

Os condutores de vans que chegam à universidade através da Avenida Senador Salgado Filho relataram a facilidade nesta via para efetuar o desembarque dos ocupantes, uma vez que não há ne-

cessidade de troca de faixa, pois permanecem na via paralela à universidade. Entretanto, também é motivo de queixa a duração do embarque e do desembarque de veículos particulares.

Alguns motoristas de vans apontaram a interferência dos bares na mobilidade da região. Estes relatam que, principalmente no período noturno, nos horários de maior fluxo, a parada de diversos veículos nas proximidades dos bares. Com a ocupação e o comprometimento do fluxo de veículos em uma faixa da via pelos frequentadores do bar, a rotatividade do embarque e do desembarque na rua em frente à universidade fica significativamente comprometida.

Quando se trata do desembarque de passageiros, aproximadamente 88% dos entrevistados executam-no ao longo da Rua Imaculada Conceição. Estes afirmaram que deixam os usuários no portão que seja melhor para cada um, sendo que muitas vezes param no Portão Principal e no Portão 2.

Segundo diversos motoristas de vans entrevistados, é comum o recebimento de multas por estacionar ao longo da Rua Imaculada Conceição no momento de embarque e desembarque, situação que tem diminuído graças ao novo sistema de credenciamento.

Durante a realização das entrevistas, somente um motorista que foi interrogado não demonstrava possuir conhecimento completo sobre o programa de credenciamento, afirmando acreditar que havia necessidade de um investimento por parte dele para ter acesso a essa credencial. A falta de informação se deve ao fato de não haver um canal oficial de comunicação e ao cadastramento das vans ser realizado através do *e-mail* da AutoPark. O entrevistado afirmou que o desembarque de seus usuários ocorre no mesmo local de desembarque das outras vans, ou seja, ao longo da Rua Imaculada Conceição, mas que o embarque é realizado na Rua Jóquei Clube, a uma quadra da universidade. Nesse local, segundo seu relato, é constante a presença de pessoas pedindo dinheiro e existe um sentimento de insegurança, pois o local é mal iluminado. Também relatou que outras 4 vans que param na rua Jóquei Clube não possuem pleno conhecimento a respeito do sistema de credenciamento em estudo.

Em relação ao tempo estipulado de 30 minutos para permanecerem dentro do *campus*, todos os motoristas com credenciais se disseram satisfeitos com o prazo estipulado. Afirmaram que esse intervalo é suficiente para embarcar todos os estudantes com segurança dentro do estacionamento, não havendo necessidade de aumento do período estabelecido.

Quando indagados sobre uma nova área de embarque e desembarque dentro da universidade que teria uma saída para a Avenida Comendador Franco, 64% dos motoristas mostraram-se contra esse local uma vez que não faz parte de suas rotas. Muitos foram céticos com essa nova opção de área de embarque e desembarque, pois acreditavam que iriam ser obrigados a estacionarem em um local distinto do padrão já utilizado hoje.

A partir das entrevistas e de observação identificou-se o problema da falta de rotatividade de veículos parados para embarque e desembarque que ocorre na Rua Imaculada Conceição, principalmente próximo ao Portão Principal. Isso porque, em horários como 11h10, 12h40, 18h15, 22h10 e 23h00, em que ocorre a chegada e a saída de estudantes da universidade, há um aumento significa-



tivo no fluxo de veículos. Apesar de ser uma via ao longo da qual é proibido estacionar, ainda assim há uma grande quantidade de veículos parados no local durante poucos minutos, tempo suficiente para gerar congestionamento. Foi observado que grande parte das pessoas que ocupam uma faixa são motoristas de veículos particulares. Além disso, não é rara a ocupação de duas faixas da via por esses veículos para realizar o embarque e desembarque. Somado a isso, também foi observado que estes modais de transportes atrapalham a locomoção dos ônibus quando estes estão próximos dos seus pontos de parada ao longo da Rua Imaculada Conceição.

Também foi constatada durante a pesquisa uma concentração de carros, vans, motos e ônibus concorrendo em determinadas vias do entorno do *campus*. Em diversas situações houve uma concomitância de embarque e desembarque gerando pequenas concorrências para conseguir uma vaga na faixa à direita da Rua Imaculada Conceição entre condutores dos diferentes modais, como, por exemplo: motoristas de veículos particulares, taxistas, motoristas de ônibus, motoristas de vans e motociclistas.

4 Conclusões

A partir da análise dos resultados foi constatado que o programa de credenciais implantado contribuiu significativamente para organizar o embarque e o desembarque na PUCPR, mas a pesquisa mostrou também diversos problemas relacionados à rotatividade do embarque e desembarque que devem ser estudados, no sentido de buscar-lhes soluções. A pesquisa evidenciou que o serviço de van melhora significativamente a segurança e a rapidez de locomoção até a faculdade dos estudantes que utilizam esse modal de transporte. Uma vez que, mesmo sendo apenas 3,4% dos estudantes matriculados na universidade que usam esse modal, esse percentual representa aproximadamente 1.000 pessoas que são transportadas. Caso haja adição das vans não inclusas nesse programa essa porcentagem tende a aumentar. Entretanto não é possível fazer uma estimativa de quantos estudantes são transportados englobando as vans sem credenciais, pois não há dados concretos de quantas são utilizadas para transportar estudantes da PUCPR.

O principal problema evidenciado na pesquisa é a falta de espaço para efetuar o embarque e o desembarque próximo ao Portal da universidade durante os horários de maior fluxo dos modais de transportes. Mesmo com multas sendo aplicadas, que demonstra ser uma atitude ineficaz, pois há pessoas que continuam ocupando uma faixa da via e a grande concentração de diversos modais de transportes gera significativa concorrência por um espaço para embarque e o desembarque.

No decorrer da pesquisa foi concluído que é necessário manter essa liberdade que a PUCPR oferece aos condutores dos veículos fretados no embarque e no desembarque de estudantes. Os motoristas de vans conseguem estabelecer com seus estudantes transportados o melhor lugar para embarcar e desembarcar de acordo com as necessidades de cada um. Devido a esse fato, as vans não

precisam ficar concentradas em somente um local, o que diminui o congestionamento, que já é grande, bem como o risco de acidentes.

Outro ponto destacado como positivo pelos entrevistados que deve ser ressaltado é o tempo de permanência permitido sem a cobrança do estacionamento para as vans, que foi apresentado como um intervalo ideal para o embarque de estudantes com segurança, não havendo, inicialmente, uma necessidade de alteração nesse prazo estabelecido.

Quando os autores interrogaram os motoristas de vans em relação a uma nova zona de embarque e desembarque nas dependências da universidade que teria uma saída para a Avenida Comendador Franco, os motoristas mostraram-se receosos com essa nova opção. Isso porque, mesmo afirmando anteriormente que não se deve unificar embarque e desembarque em somente um local da universidade, eles acreditam que isso possa ocorrer.

Em relação aos motoristas de vans que não conheciam o sistema de credenciamento seria interessante, para a segurança dos estudantes que utilizam esse modal de transporte, a divulgação desse sistema de credenciamento no ambiente acadêmico para que estudantes que utilizam esse método de locomoção possam contatar seus motoristas.

Essa pesquisa foi capaz de evidenciar um campo que pode ser explorado futuramente. Isso porque, já em uma breve análise a respeito do tema, se percebe que é necessário distribuir os locais do embarque e do desembarque em regiões diametralmente opostas do *campus* da universidade a fim de diminuir a concentração de veículos em apenas uma região. Um possível novo local poderia ser a via interna que conecta o TECPUC à Rua Aquelino Orestes Baglioli, salvaguardando a segurança dos usuários, visto que embarcariam e desembarcariam nas dependências da universidade. Acredita-se, também, que essa possibilidade promoveria a revitalização do espaço compreendido entre a TECPUC, PUCPR e a Escola Nossa Senhora da Esperança, que hoje é um local com um baixo nível de circulação de pessoas, segundo o relato dos entrevistados.

Devido a essa complexa situação descrita nesse estudo é necessária uma análise mais aprofundada das diversas situações que devem ser estudadas a fim de melhorar o embarque e o desembarque na universidade. Perspectivas a serem estudadas objetivando um cenário com um melhor embarque e desembarque são: aplicação de um sistema semelhante para motoristas de veículos particulares; estudos de infraestrutura que permita o acesso e o embarque rápido dos estudantes da PUCPR; e estudo de implantação de um terminal de ônibus universitário que diminua a concorrência de área de desembarque da Rua Imaculada Conceição.

Referências

[1] VASCONCELLOS, E. de A. Os serviços de transporte de passageiro por fretamento. In: **Transporte por fretamento**. São Paulo: Federação das Empresas de Transportes de Passageiros por Fretamento do Estado de São Paulo, Associação Nacional de Transporte Público, 2012. p. 24-43. (Cadernos técnicos,9).



[2] Proteste. **Transporte público deixa a desejar**. Disponível em: <https://www.proteste.org.br/carros-e-mobilidade/mobilidade-urbana/noticia/transporte-publico-deixa-a-desejar>. Acesso em: 13 dez. 2017.

[3] Paraná tem aumento de cerca de 80% na frota de veículos desde 2007. **Band News FM Curitiba**, Curitiba, 25 set. 2017. Disponível em: <http://bandnewsfmcureitiba.com/parana-tem-aumento-de-cerca-de-80-na-frota-de-veiculos-desde-2007/>. Acesso em: 13 dez. 2017.

[4] SABBAG, R. PUCPR lidera ranking internacional de universidade no Paraná. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 28 jul. 2017. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/especial-patrocinado/pucpr/pucpr-lidera-ranking-internacional-de-universidades-no-parana-5szweff9jmikl9lnr3smgj2la>. Acesso em: 26 out. 2017.

[5] ECOTÉCNICA TECNOLOGIA E CONSULTORIA LTDA. **Estudo de polo gerador de tráfego PUCPR campus Curitiba**. Curitiba, 2017. 342 p.



ANÁLISE LOGÍSTICA DA MATRIZ FERROVIÁRIA NACIONAL ATRAVÉS DE PESQUISA OPERACIONAL

K. J. Faria¹; J. V. S. M. Catarino²; D. F. Vicentini³

^{1,2,3}Universidade Federal do Paraná. Av. Coronel Francisco H. dos Santos, 210. Jd. das Américas, Curitiba/PR
CEP 81530-000

*kaio.faria@hotmail.com*¹, *joao.catarino@ufpr.br*², *vicentini@ufpr.br*³

Resumo: A malha ferroviária brasileira possui grande importância no escoamento da produção nacional, mesmo sendo subutilizada em termos proporcionais, ao se comparar, por exemplo, o uso de ferrovias em outros países com características similares ao Brasil. Além da subutilização do potencial ferroviário do país, ainda existem diversos pontos passíveis de melhoria da malha nacional, em termos de logística, otimização de processos e operações. Neste estudo, a malha ferroviária brasileira é analisada com um olhar voltado para a logística do sistema nacional como uma análise a nível macro. O objetivo deste trabalho foi estudar a malha, detectar gargalos e deficiências operacionais e propor melhorias ao sistema em termos de custo, eficiência, redução do tempo de transporte, entre outros. Para isso foi desenvolvida uma ferramenta de Pesquisa Operacional que permitiu estudar a malha, visando encontrar gargalos operacionais no sistema, além de possíveis oportunidades de melhoria, como redução de custos, melhoria de eficiência, diminuição de tempo de transporte, entre outros. O estudo indicou pontos de déficit no escoamento de cargas para os portos brasileiros, identificando-se trechos para maior destinação de recursos.

Palavras-chave: Ferrovias, Logística, Pesquisa operacional.

Abstract: The Brazilian rail network has great importance in the flow of domestic production, even though it is underused in proportional terms, when comparing, for example, the use of railroads in other countries with similar characteristics to Brazil. Besides the underutilization of the country's rail potential, there are still several possible points of improvement of the national network in terms of logistics and optimization of processes and operations. The main purpose of this work was to apply Operational Research tools, aiming at finding operational difficulties in the system, as well as possible opportunities for improvement, such as cost reduction, efficiency improvement, and shorter transport time, among others. The study indicated points of deficit in the flow to the Brazilian ports, identifying segments for the greater allocation of resources.

Keywords: Railways, Logistics, Operational research.

1 Introdução

O transporte ferroviário no Brasil apresenta relevante importância econômica, porém possui diversos gargalos e ineficiências, o que pode gerar um baixo aproveitamento de todo o potencial ferroviário que o país possui. Em [1] é relatado que as estradas de ferro são fontes quase inesgotáveis de problemas de planejamento, e até recentemente todos os problemas eram tratados manualmente, sendo que muitos ainda são resolvidos sem nenhuma automação ou otimização. Embora o modal ferroviário apresente importante papel no país, seu potencial de utilização ainda não foi inteiramente desenvolvido.

Segundo dados encontrados em [2], no Brasil em 2015, a produção ferroviária atingiu 332 bilhões de TKU (toneladas por quilômetro útil), o que significa um aumento de 142% desde o início das concessões. No mesmo período (entre 1997 e 2015), o PIB brasileiro cresceu 53,1% e atingiu R\$ 5,9 trilhões em 2015. Isso significa que a taxa de aumento da produção ferroviária é quase o triplo do crescimento do PIB brasileiro.

Dada a importância do transporte ferroviário para a economia do país, esta pesquisa pretende propor melhorias ao sistema ferroviário nacional, buscando otimizar sua utilização e melhorar a eficiência geral do sistema. A área em questão apresenta muitas necessidades de melhoria, e também possui um grande potencial de utilização e crescimento. Ao propor soluções que otimizem processos dentro do setor, podem-se trazer diversos benefícios ao país, tanto econômicos quanto sociais.

Este estudo apresenta um panorama geral do modal, apresentando um mapa em forma de rede de nós de parte da malha ferroviária brasileira, considerando seus principais pontos, produtos transportados, além de parâmetros importantes como o custo, para poder propor melhorias em possíveis gargalos encontrados, fazendo uso de conhecimentos de programação linear e pesquisa operacional.

2 Metodologia

Inicialmente foi feito um levantamento dos dados, o que permitiu a análise sob um panorama logístico, onde foi possível aplicar ferramentas de Pesquisa Operacional a fim de observar as possíveis alternativas para a melhoria das malhas ferroviárias. Assim, a partir do estudo inicial da malha, foi possível concluir que os quatro principais materiais transportados pela rede ferroviária são: Minério de Ferro, Soja, Produção Agrícola (principalmente Açúcar e Milho) e Combustíveis. As interações resultaram da manipulação e observância do conjunto de pontos, denominados nós, estes ligados por linhas, definindo os arcos, conjuntos que compõem o grafo, conforme descreve [7] e representado pela Fig. 1. Analisando o fluxo entre os nós do grafo, é possível determinar as redes, sendo estas subdivididas de acordo com características específicas, visando o objeto de estudo.

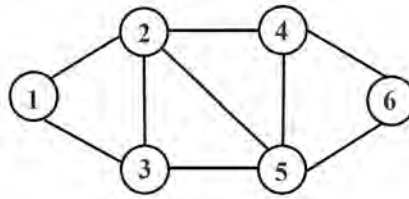


Figura 1 – Exemplo de rede.

Fonte: [7].

Um método de solução para problemas de Programação Linear foi indicado por [5], criando o Simplex. Este método tem por função determinar valores para as variáveis a fim de satisfazer um conjunto de equações lineares, indicando o objetivo de minimizar ou maximizar uma forma Z definida como resultado da matriz.

Dentre as várias otimizações interessadas no tangente à resolução de equações de Programação Linear, é possível observar características comuns dentre as situações. Para tanto, [2] definem, dentre as características, variáveis manipuláveis indicando o poder de decisão sobre o problema; valores que devem compor uma região de soluções em que se apliquem as considerações, ainda variáveis capazes de assumir valores previamente determinados dentre os números reais.

A aplicabilidade do método Simplex foi possibilitada pela utilização da ferramenta *Solver*, possibilitando-se encontrar um caminho mínimo da rede. Esta ferramenta está presente em programas de organização de dados, tais como o *Microsoft Excel*, sendo apresentada nas opções no campo de suplementos no programa. O *Solver* permite que se encontrem soluções viáveis para as matrizes elaboradas baseadas nas redes das malhas ferroviárias com a utilização do Simplex para então propiciar inserção no estudo logístico das ferrovias.

Buscando a aplicação dos conhecimentos junto ao programa *Excel*, algumas considerações foram tomadas para possibilitar essa execução. Assim sendo, primeiramente foram definidos os nós como variáveis X_i e posteriormente as possíveis trajetórias a serem seguidas no desenvolvimento do algoritmo foram identificadas. Isso permitiu que cada arco fosse tratado com a indicação das iniciais de cada nó, os quais se conectavam, tendo por variável X_{ij} .

As nomenclaturas para cada um dos pontos da rede são apresentadas na imagem a seguir:

Tabela 1 – Nomenclatura utilizada na matriz aplicada.

Anápolis	X_a	Rondonópolis	X_{ro}
Roncador	X_r	Aparecida do Taboado	X_{ap}
Brasília	X_b	Araraquara	X_{ara}
Araguari	X_{ar}	Colombia	X_{co}
Uberaba	X_u	Bauru	X_{ba}
Belo Horizonte	X_{bh}	Itirapina	X_{iti}
Jaceaba	X_j	Alumínio	X_{al}
Saudade	X_s	Japeri	X_{ja}
Joaquim Murtinho	X_{jm}	Itaguai	X_{ita}
Barra do Pirai	X_{bp}	Rio de Janeiro	X_{rj}
Boa Vista	X_{bv}	Montes Claros	X_{mc}
Jundiá	X_{jn}	Camaçari	X_{ca}
São Paulo	X_{sp}	Aracaju	X_{aj}
Santos	X_{sn}	Vitoria	X_{vi}

Fonte: Os autores (2017)

Em seguida, devido às especificações para a aplicabilidade do problema de pesquisa operacional apresentado por [7], foram identificadas as variáveis de restrição. Estas foram evidenciadas pela observação da interligação dos nós apresentados pelas variáveis já indicadas, onde 1 foi atribuído para caminhos com variáveis interligadas aos nós e 0 para variáveis que não estão conectadas. A Fig. 2 apresenta um exemplo aplicável das matrizes encontradas.

Zmin	$X_{a,r}$	$X_{b,r}$	Xaj.cç	Xcç.mc	Xmc.bh	$X_{r,ar}$	$X_{ar,u}$	$X_{ar,bh}$	$X_{u,bh}$	$X_{u,bv}$	$X_{bh,j}$	$X_{bh,jm}$	$X_{j,s}$	$X_{jm,bp}$	$X_{bp,s}$	Xbp.ja	$X_{s,sp}$	$X_{bv,jn}$	$X_{jn,sp}$	$X_{sp,sn}$	Xbh.vt	Xja.rj	Xja.it			
Zmin	164,4	244,6	378,5	1099,9	532,6	165,7	187	750,9	939,4	456,5	106	147	304	378	48,1	44,2	286	50	93	72	905	64	62	0		
$X_{a,r}$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
$X_{b,r}$	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{a,r} + X_{b,r} - X_{r,ar}$	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{r,ar} - X_{ar,u} - X_{ar,bh}$	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{ar,u} - X_{u,bh} - X_{u,bv}$	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{ar,bh} + X_{u,bh} - X_{mc,bh} - X_{bh,j} - X_{bh,jm} - X_{bh,vt}$	0	0	0	0	-1	0	0	1	1	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
$X_{bh,j} - X_{j,s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{bh,jm} - X_{jm,bp}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{jm,bp} - X_{bp,s} - X_{bp,ja}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{bp,ja} - X_{ja,rj} - X_{ja,it}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0
$X_{j,s} + X_{bp,s} - X_{s,sp}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{u,bv} - X_{bv,jn}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{bv,jn} - X_{jn,sp}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0
$X_{jn,sp} + X_{s,sp} - X_{sp,sn}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
$X_{mc,bh} - X_{cç,mc}$	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{cç,mc} - X_{aj,cç}$	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_{sp,sn}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
$X_{bh,vt}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
$X_{ja,rj}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$X_{ja,it}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
$X_{aj,cç}$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 2 – Matriz de interações para resolução com ferramenta Solver.

Fonte: Os autores (2017)

3 Resultados

Para aplicar o estudo do Caminho Mínimo, foi necessário criar uma rede de nós que envolvesse pontos relevantes para a malha nacional, e que estivessem interligados, possibilitando, assim, aplicar a metodologia, visando encontrar informações relevantes quanto à distância e tempo de transporte necessários para cada origem e destino.

Como resultado, foram obtidas as malhas tais como a apresentada na Fig. 3 (rede de combustíveis), que envolve cinco trechos concessionados, principalmente na região Sudeste. Com essa malha, foi possível aplicar pesquisa operacional com diversas opções de origens e destinos.

Conforme apresentado na seção de metodologia, foi utilizada a ferramenta *Solver*, do *Microsoft Excel* para aplicar diversas interações com todas as possíveis origens e destinos aplicáveis à malha. Abaixo, a matriz de aplicação criada é apresentada, onde apenas a origem e o destino foram alterados em cada interação, bem como a tabela com resultados de distância e tempo para cada um dos cenários analisados.

Na Tabela 2 apresentam-se as variáveis de restrição aplicadas, em que todas as possíveis origens e todos possíveis destinos são representados pelo número 1. As variáveis apresentadas representam o arco que corresponde à interligação das cidades, tomando-se como exemplo temos $X_{a,r}$ representando o trecho de conexão entre Anápolis – Roncador Novo, seguindo-se conseqüentemente para os outros pontos.

Tabela 2 – Variáveis de restrição da rede.

Variáveis de Restrição			
$X_{a,r}$	1	$X_{ro,ap}$	1
$X_{b,r}$	1	$X_{ro,ap} - X_{ap,ara}$	0
$X_{a,r} + X_{b,r} - X_{r,ar}$	0	$X_{co,ara}$	1
$X_{r,ar} - X_{a,r} - X_{b,r}$	0	$X_{ap,ara} + X_{co,ara} - X_{a,ita}$	0
$X_{a,r} - X_{u,bh} - X_{u,bv}$	0	$X_{ba,ita}$	1
$X_{a,r} + X_{u,bh} - X_{b,j} - X_{b,jm} - X_{b,mc} - X_{b,vi}$	0	$X_{ba,ita} + X_{a,ita} - X_{iti,bv}$	0
$X_{b,j} - X_{j,s}$	0	$X_{bv,al} - X_{al,sn}$	0
$X_{b,jm} - X_{jm,bp}$	0	$X_{bp,ja} - X_{ja,ita} - X_{ja,rj}$	0
$X_{jm,bp} - X_{bp,s} - X_{bp,ja}$	0	$X_{ja,ita}$	1
$X_{j,s} + X_{bp,s} - X_{s,sp}$	0	$X_{ja,rj}$	1
$X_{u,bv} + X_{iti,bv} - X_{bv,jn} - X_{bv,al}$	0	$X_{b,mc} - X_{mc,ca}$	0
$X_{bv,jn} - X_{jn,sp}$	0	$X_{mc,ca} - X_{ca,aj}$	0
$X_{jn,sp} + X_{s,sp} - X_{sp,sn}$	0	$X_{ca,aj}$	1
$X_{sp,sn} + X_{al,sn}$	1	$X_{b,vi}$	1

Fonte: Os autores (2017).

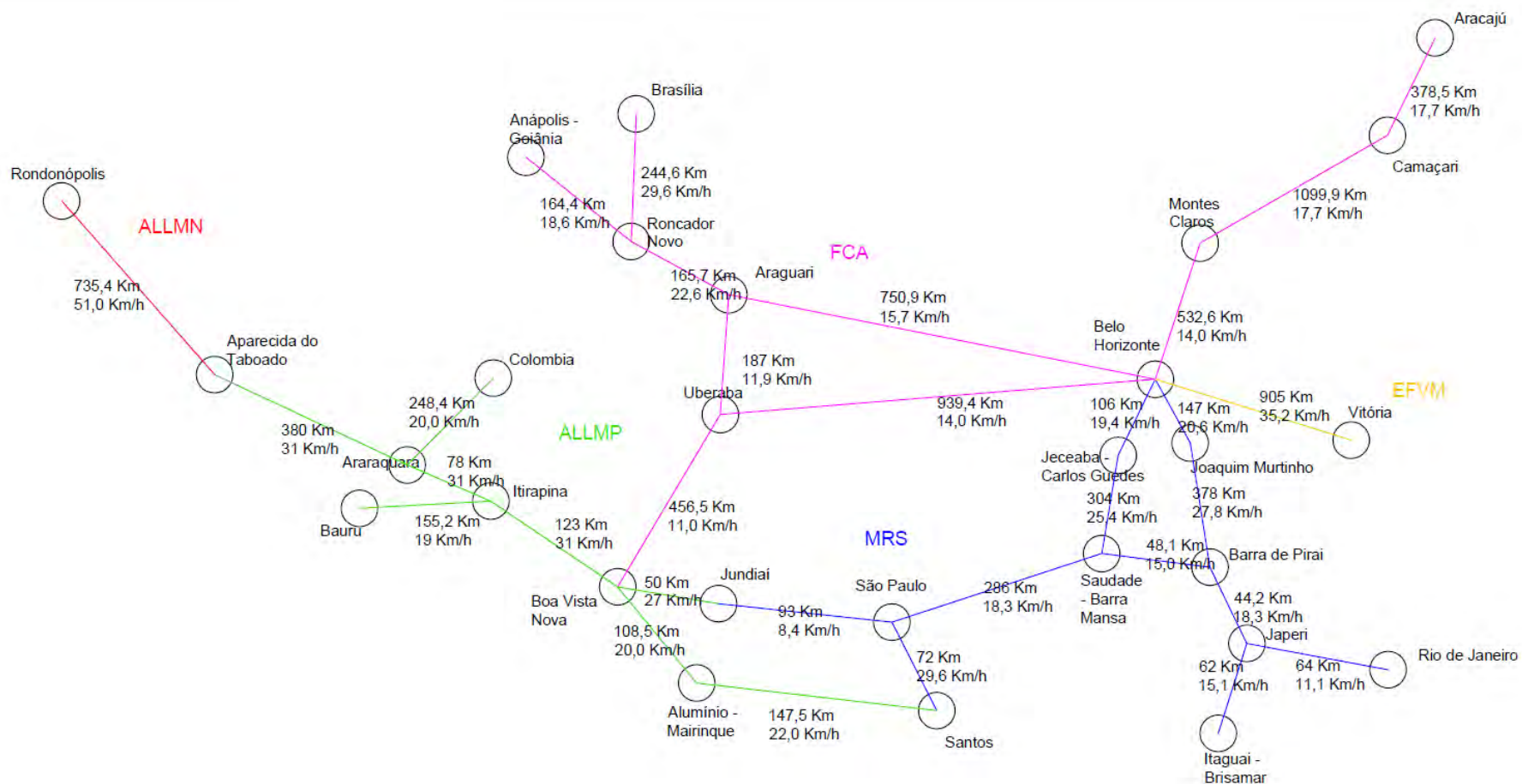


Figura 3 – Rede de nós da malha ferroviária (rede combustíveis).

Fonte: Os autores (2017).

A malha apresentava quatro possíveis origens: Anápolis (representada por X_a), Brasília (representada por X_b), Rondonópolis (X_{ro}) e Bauru (X_{ba}). Todas essas origens poderiam chegar em cinco possíveis destinos: Santos (X_{sn}), Itaguaí (X_{ita}), Rio de Janeiro (X_{rj}), Vitória (X_{ri}) e Aracaju (X_{aj}), gerando, no total, vinte interações, com os resultados apresentados na Tabela 3.

Tais resultados também podem justificar o motivo para a grande utilização do modal rodoviário ao invés do ferroviário para transporte do produto. A velocidade média dos trechos estudados, para o modal ferroviário segundo esta pesquisa, foi entre 15 e 20 Km/h, o que pode influenciar na decisão para realizar o transporte via rodovias. Sabe-se que, apesar do transporte de materiais com baixo valor agregado em longas distâncias e em grandes quantidades ser muito mais vantajoso por ferrovias do que por rodovias, 60% dos materiais no país ainda são escoados através de rodovias [3]. Um dos possíveis motivos para explicar tal situação, é a precariedade aliado à baixa eficiência do transporte ferroviário para atender às necessidades dos produtores nacionais.

Tabela 3 – Resultados das interações para a malha.

Origem	Destino	Distância	Tempo	Origem	Destino	Distância	Tempo
Anápolis	Santos	1188,6	85,4	Rondonópolis	Santos	1505,0	45,3
Anápolis	Itaguaí	1712,2	91,1	Rondonópolis	Itaguaí	1873,3	71,5
Anápolis	Rio de Janeiro	1714,2	92,8	Rondonópolis	Rio de Janeiro	1875,3	73,2
Anápolis	Vitória	1986,0	89,6	Rondonópolis	Vitória	3034,0	104,6
Anápolis	Aracaju	3092,0	185,4	Rondonópolis	Aracaju	4140,0	200,4
Brasília	Santos	1268,8	84,9	Bauru	Santos	466,8	24,3
Brasília	Itaguaí	1792,4	90,6	Bauru	Itaguaí	835,1	50,5
Brasília	Rio de Janeiro	1794,4	92,3	Bauru	Rio de Janeiro	837,1	52,2
Brasília	Vitória	2066,2	89,1	Bauru	Vitória	1995,8	83,6
Brasília	Aracaju	3172,2	184,9	Bauru	Aracaju	3101,8	179,4

Fonte: Os autores (2017).

Por outra perspectiva, sob um olhar quanto à eficiência dos trechos inseridos, alguns pontos se destacaram perante os demais. Isso ocorre devido a que algumas trajetórias, mesmo que com menores distâncias, apresentavam uma maior duração no deslocamento frente a alternativas que, em primeira análise, apresentavam menor eficiência. Em mais de uma interação das matrizes de cada um dos produtos foi indicada a presença de caminhos mínimos divergentes, se comparados com os tempos mínimos de trajeto. Por isso, para um melhor entendimento, as possíveis condições em que se justificariam uma menor eficácia foram levantadas.

Como ponto notável, o trecho Jundiá - São Paulo apresentou grande importância, devido à sua localidade central e proximidade com o Porto de Santos. Mesmo com uma menor distância entre os nós e confrontando-se com as alternativas (se comparados quanto à duração do trajeto), o trecho em questão possui uma menor eficiência no transporte. Em análise para possível entendimento dos motivos de tal diferença, a localização da parte da linha em região urbanizada pode ser levada em

consideração, sendo apresentados entraves como passagens de nível críticas e ainda invasões da faixa de domínio, forçando a redução da velocidade no deslocamento sobre o trecho, conforme indica [4]. Importante observação quando se considera que, sob a esfera do estudo logístico, um maior tempo representa também maiores custos para o transporte de cargas.

Outro trecho analisado que gerou valores significativos para a consideração das redes em geral foi o que tem por destino Aracaju. Este caminho, segundo as interações obtidas pelo *Solver*, indicou uma menor movimentação de produtos além de maior tempo e distância frente à otimização. Este fato pode ser justificado pela falta de manutenção das linhas e também pela carência de terminais ao longo desta trajetória, sendo indicada uma menor representatividade deste trajeto.

Ainda, em observação dos resultados, notou-se uma maior eficiência de trajeto da linha Brasília - Santos se comparado com Anápolis - Santos, devido à maior velocidade obtida no primeiro trecho, mas isso pode ser explicado por uma melhor conservação da via perante o segundo trajeto indicado. Por isso, mesmo com uma menor distância para o trecho saindo de Anápolis, a origem de Brasília apresenta menor tempo de duração do transporte para chegar em qualquer um dos destinos de portos (não somente para o caminho mínimo que foi indicado para o destino do porto de Santos).

Apesar de menores distâncias ocorrerem quando os caminhos se destinavam a Santos, as análises indicaram outros fatores importantes relacionadas ao tempo de duração do transporte. Isso pode ser observado, por exemplo, nos caminhos que possuem como destino final o trecho de Vitória, o qual mostrou um tempo de deslocamento muito próximo ao encontrado pelo escoamento ao porto de Santos. Isso pode ser explicado pela observação de que, mesmo com elevada distância, o trecho Belo Horizonte – Vitória possui menores interferências quanto a baldeações ou menores trechos com compartilhamentos de via. Por este motivo, foi contabilizado um menor tempo de espera em terminais ou em passagens críticas das linhas férreas, aumentando a eficiência logística do caminho em que tal trecho pertence.

Entre percursos com similares distâncias, a comparação dos que possuem rumo aos portos do estado do Rio de Janeiro (representados pelos nós de Itaguaí e Rio de Janeiro) implicou em entraves operacionais relevantes a serem considerados. A diferença entre os caminhos mínimos apresentados pelas interações das matrizes dos trechos comentados é de somente dois quilômetros, e os tempos também se assemelham com pouca diferença. Entretanto, quando a tabela dos quantitativos de materiais por trecho é observada, verifica-se que o trajeto com destino a Itaguaí apresenta maior porção dos produtos transportados. Ainda, com um menor tempo e maior valor por quilômetro, é possível observar a grande importância deste último caminho quando se trata do estudo das redes.

4 Conclusões

Com base no conteúdo apresentado, foram obtidos resultados que podem indicar a orientação de novos investimentos a fim de aprimorar e otimizar as malhas ferroviárias existentes no Brasil.



Para tanto, realizados os estudos com enfoque em Pesquisa Operacional, conseguiu-se identificar menores distâncias e tempo de transporte para a percepção dos gargalos logísticos existentes. Como resultado, foram identificados os caminhos mínimos de Anápolis – Santos e Bauru – Santos (devido à disposição geográfica), ao passo que Brasília – Vitória possui duração muito próxima se comparado com o trecho partindo de Anápolis. Confrontando os resultados obtidos com a base de dados dos quantitativos de materiais transportados ao longo das malhas, pode-se perceber a maior utilização de determinados trechos para produtos específicos.

Ao se tratar das redes destacadas, divididas pelos produtos (combustíveis, soja, produção agrícola e minério de ferro), alguns pontos obtiveram maior importância, devido a suas características ou relevância para a análise global do estudo apresentado. Por este fato, um dos trechos destacáveis foi o trecho Jundiá – São Paulo, que quando observado comparativamente ao outro trajeto com destino a Santos, dado por Alumínio – Santos, encontra-se com uma distância menor (cerca de 40 Km). Entretanto, ao tratar-se de tempo de duração do percurso, o trecho concomitante a este apresenta uma menor duração do que o trajeto passando por Jundiá, indicando a falta de investimentos de manutenção e ainda a possível problemática encontrada em outros trechos do modal ferroviário brasileiro tais como o compartilhamento de vias, passagens em nível críticas (interferência pelo fluxo de veículos), invasões de faixa de domínio, aliados à falta de investimentos para a manutenção das vias.

Além deste, outros trechos apresentaram indicativos similares, tais como o trecho Belo Horizonte – Vitória que, mesmo com uma extensão de percurso muito maior que outros trechos pertencentes a outros caminhos mínimos diferentes, apresentou um tempo de duração bem próximo aos demais, superando até mesmo outros trajetos com menores distâncias. Fato que pode ser justificado devido a um menor tempo de espera pelo compartilhamento de via e melhor manutenção desta, dada a elevada importância no transporte do minério de ferro.

Por fim, em trechos que apresentaram distâncias parecidas, como os de origem em Japeri e destinados a Itaguaí ou Rio de Janeiro, foi possível notar a influência da maior quantidade do transporte de carga para a concentração dos investimentos em manutenção de vias. Segundo as informações levantadas, o trecho Japeri – Itaguaí possui um tempo de transporte menor (em torno de duas horas) se comparado ao Japeri – Rio de Janeiro, enquanto suas distâncias diferem em apenas dois quilômetros.

A partir deste trabalho, a análise com base na Pesquisa Operacional proporcionou os conhecimentos necessários para a obtenção dos resultados, mesmo que de forma limitada. Assim, de acordo com esta análise, os pontos notáveis, com a maior necessidade de destinação de investimentos imediatos são: manutenção e duplicação do trecho Jundiá – São Paulo; conservação e maior desenvolvimento da via do trecho Japeri – Itaguaí; destinação de maior quantidade dos produtos para o trecho Belo Horizonte – Vitória; conservação e destinação de produtos transportados para linhas com maior excelência como Alumínio - Santos. Somente proporcionando melhores condições das vias e, portanto, uma maior quantidade de capital também para novos investimentos será possível suprir o gargalo logístico que hoje dificulta que o Brasil se torne mais competitivo perante outros mercados.

Referências

- [1] ANTF. **Informações gerais**. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>>. Acesso em: 7 nov. 2017.
- [2] BRONSON, R.; NAADIMUTHU, G. *Operations Research*, 2nd Ed.. New York:, 1997.
- [3] CNT. **Modal Rodoviário**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Modal/modal-rodoviario-cnt>>. Acesso em: 7 nov. 2017.
- [4] CNT, **Pesquisa CNT de ferrovias**. [S.L.: s.n.], 2015.
- [5] DANTZIG, George B.. **Linear Programming and Extensions**. United States: [s.n.], 1963.
- [6] MARÓTI, Gábor. **Operations research models for railway rolling stock planning**. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2006.
- [7] SANTOS, Maurício Pereira Dos. **Programação linear**. [S.L.]: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007.



EFEITO DO TIPO DE COMPACTAÇÃO, POR IMPACTO OU POR AMASSAMENTO, NO TEOR DE LIGANTE E COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MISTURAS ASFÁLTICAS

F. Gadler¹; J. Villena²; L. F. R. Miranda³

^{1,2,3} Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Bloco III, Jd. das Américas, Curitiba/PR, CEP 81531-980
*fernandagadler@gmail.com*¹, *joevillena@gmail.com*², *reciclagem.miranda@gmail.com*³

Resumo: Durante a evolução dos procedimentos de dosagem de misturas asfálticas, diversas formas de compactação de amostras vêm sendo desenvolvidas, podendo ser realizada através de impacto, amassamento, vibração ou rolagem. O método de dosagem mais difundido mundialmente é denominado método Marshall, que faz uso da compactação por impacto. A partir dos anos 90 foi desenvolvido o método Superpave, sendo a forma de compactação por amassamento a principal contribuição desta nova sistemática. A presente pesquisa avalia a influência do método de compactação nos parâmetros de dosagem e no comportamento mecânico de misturas asfálticas (RT e MR). Foi realizada a dosagem de duas misturas asfálticas com os mesmos materiais e granulometria e, em seguida foram moldados corpos de prova cilíndricos utilizando dois tipos de compactação; impacto e amassamento. Os resultados apontam para a redução de 0,5% do teor ótimo de ligante das misturas asfálticas compactadas por amassamento, no compactador giratório Superpave, em comparação com as misturas compactadas por impacto no compactador Marshall. As duas misturas apresentaram valores semelhantes quanto aos parâmetros de RT e MR, sendo que a mistura compactada através do compactador Superpave apresentou menor RT e maior MR do que a mistura compactada no compactador Marshall, possivelmente pelo menor teor de ligante, efeito este positivo do ponto de vista de deformabilidade da mistura.

Palavras-chave: Dosagem, Compactação, Marshall, Superpave, Comportamento mecânico.

Abstract: The present research evaluates the influence of the compaction method on the dosage parameters and the mechanical behavior of asphalt mixtures (tensile strength ratio and resilient modulus). Two asphalt mixtures were produced with the same materials and gradation, and then cylindrical specimens were molded using two types of compaction; impact and kneading. The results point to the reduction of 0.5% of the optimum binder content of the compacted asphalt mixtures by kneading in the Superpave gyratory shear compactor in comparison to the impact compacted mixtures in the Marshall compactor. The two mixtures presented similar values for the tensile strength ratio and resilient modulus, and the compacted mixture in Superpave gyratory shear compactor presented lower tensile strength ratio and higher resilient modulus than the one that is compacted in Marshall compactor, a fact that is positive to deformability of the mixture.

Keywords: Design, Compaction, Marshall, Superpave, Mechanical behavior.

1 Introdução

A dosagem de uma mistura asfáltica tem consistido até hoje na escolha, através de procedimentos experimentais, de um teor dito “ótimo” de ligante, a partir de uma faixa granulométrica predefinida. Durante a evolução dos procedimentos de dosagem, diversas formas de compactação de amostras vêm sendo desenvolvidas, podendo ser realizada através de impacto, amassamento, vibração ou rolagem. O método de dosagem mais difundido em escalada mundial é denominado método Marshall, que faz uso da compactação por impacto e foi desenvolvido pelo engenheiro Bruce Marshall na década de 1940 [1].

Ocorre que, na década de 80 muitas rodovias americanas de alto volume de tráfego apresentaram problemas prematuros relacionados à deformação permanente, moralmente atribuídas a um excesso de ligante nas misturas asfálticas. O corpo técnico acreditava que a compactação por impacto, durante o procedimento de dosagem Marshall, produzia corpos de prova com densidades distintas daquelas apresentadas pelas misturas em campo. Somado a isso, o aumento do número de solicitações e da magnitude do carregamento dos veículos acarretou em um grande estudo do Strategic Highway Research Program (SHRP) entre 1987 e 1992. Um dos importantes resultados desse programa de pesquisa foi o desenvolvimento do método de dosagem de misturas denominado Superpave, sendo a forma de compactação, por amassamento, a principal contribuição desta nova sistemática. O método foi concebido na intenção de reproduzir o nível de compactação de campo e, para tal, faz uso do compactador giratório Superpave que aplica um esforço de pressão sobre a mistura através de giros, produzindo efeito similar ao que acontece quando da ação dos rolos compactadores em campo [2]. Ainda, existe a metodologia francesa de dosagem de misturas asfálticas que, dentre outras características distintas, faz uso da compactação por rolagem, diferente da compactação por impacto da dosagem Marshall e da compactação por amassamento da dosagem Superpave.

A compactação das misturas asfálticas tem papel importante no desempenho da camada onde esse material será aplicado, portanto, corpos de prova compactados de maneira diferente podem levar a teores ótimos de ligante diferentes e, em consequência, resultar em misturas com comportamento mecânico distinto.

Apesar da ampla disseminação do uso do método Marshall no Brasil, que representa um aspecto positivo de experiência adquirida ao longo do tempo, a realidade ainda reflete em projetos de dosagem que apresentam desempenho diferente quando em operação. Em contrapartida, o método Superpave ainda é limitado a poucos centros de pesquisa e algumas universidades no país, com certa resistência dos adeptos a metodologia Marshall [3].

Diante do exposto, a presente pesquisa visa avaliar a influência do método de compactação, por impacto ou por amassamento, na definição do teor ótimo de ligante e no comportamento mecânico, resistência à tração e módulo de resiliência, das misturas asfálticas.

2 Metodologia

Todos os ensaios, tanto de caracterização dos materiais, dosagem e caracterização mecânica, foram realizados no Laboratório de Pavimentação Professor Armando Martins (LAMP) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). A seguir estão detalhados os materiais utilizados, a metodologia de dosagem e os ensaios realizados.

2.1 Materiais utilizados

As misturas foram confeccionadas com agregados naturais de origem granítica, provenientes da pedreira Nova Prata Mineração, localizada no município de Paranaguá/PR, coletados nas frações granulométricas correspondentes, quais sejam, brita, pedrisco e pó de pedra. Ainda, para produção das misturas, foi utilizado ligante asfáltico convencional, classificado como 50/70, proveniente da Usina Nova Prata, localizada no município de Paranaguá/PR, cuja origem é da REPAR - Refinaria Presidente Getúlio Vargas da Petrobrás, localizada em Araucária-PR.

Os agregados foram caracterizados quanto aos ensaios de granulometria (NBR NM 248/2003), absorção de água (NBR NM 30/2001), massa específica real e aparente (ABNT NBR NM 53/2009) e teor de finos (ABNT NBR NM 46/2003). Para a seleção granulométrica foi utilizado o método Bailey e, de acordo com as diretrizes do método, além da utilização das peneiras específicas para a determinação da granulometria, foram calculadas as massas específicas solta e compactada, conforme a norma AASHTO T19. Os resultados da caracterização dos agregados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos agregados.

Parâmetro	Agregados		
	Brita	Pedrisco	Pó de pedra
Massa específica aparente (g/cm ³)	2,40	2,59	2,51
Massa específica real (g/cm ³)	2,57	2,66	2,55
Absorção de água (%)	2,74	1,03	1,14
Teor de finos (%)	0,18	0,45	10,01
Massa específica solta (kg/m ³)	1.321	1.296	1.807
Massa específica compactada (kg/m ³)	1.487	1.454	2.070

2.2 Dosagem

Como o processo de compactação é a variável principal do estudo, a granulometria da mistura asfáltica foi a mesma para as duas amostras confeccionadas. Para tal, foi utilizado o método Bailey de seleção granulométrica, por se tratar de um método mais analítico e menos empírico, que leva em conta o intertravamento dos agregados baseado no conceito de empacotamento de partículas. Esse método fornece a assistência necessária para garantir que as misturas serão projetadas de modo a

proporcionar boa resistência à deformação permanente, longa durabilidade ou desempenho de longo prazo com os agregados disponíveis [7]. Além disso, o método é de fácil aplicação em laboratório e reprodução em campo, obtendo boa densidade de maneira prática. A metodologia foi desenvolvida pelo engenheiro Robert Bailey, do Departamento de Transportes de Illinois (IDOT), sendo refinado nas pesquisas de Vavrik et al. a partir dos anos 2000, fazendo com que ele se torne aplicável a qualquer mistura asfáltica, independentemente do tamanho do agregado, e a qualquer método de dosagem [8]. Os percentuais de incorporação das frações de agregados foram sendo ajustados de modo que se enquadrassem em um valor médio entre os limites de proporção de agregado graúdo (proporção AG) propostos pelo método. A Figura 1 apresenta a curva granulométrica das duas misturas. Somente a título de apresentação, foram plotados no gráfico os limites inferior e superior da Faixa “C”, utilizada em camadas de rolamento de granulometria densa, proposta pelo órgão regulador no Brasil, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

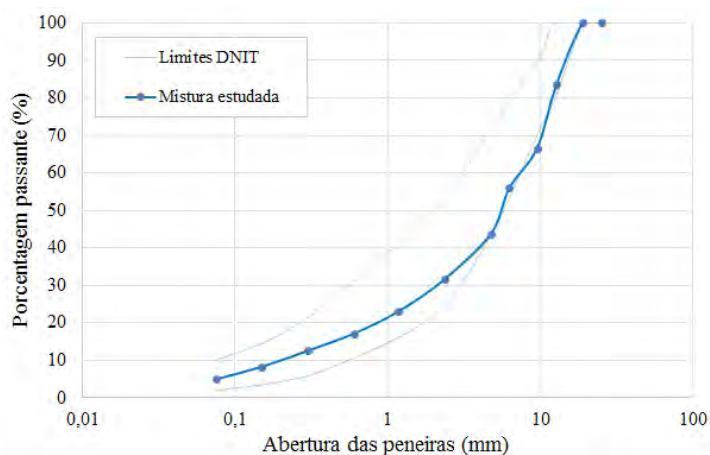


Figura 1 – Curva granulométrica da mistura estudada.

A partir da seleção granulométrica, foram dosados, conforme diretrizes da metodologia Marshall, cinco teores de ligante para cada uma das misturas que seriam compactadas de formas diferentes, sendo a primeira por impacto com o soquete Marshall e a segunda por amassamento no compactador giratório Superpave. Os teores de ligante utilizados variaram de 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5% até 6,0%, sendo 3 corpos de prova de cada um dos teores de ligante, para cada uma das misturas estudadas, denominadas de Marshall e Superpave. Após a usinagem, as misturas foram acondicionadas em estufa, na temperatura de compactação por duas horas, a fim de simular o efeito do envelhecimento da mistura a curto prazo. Além disso, também foram dosadas amostras para determinação da massa específica máxima medida pelo método RICE, obedecendo a norma AASHTO T209-05, normatizado no Brasil pela NBR 15619/2016.

As temperaturas de usinagem e de compactação foram obtidas graficamente a partir da curva viscosidade-temperatura do ligante asfáltico, obtidas nas três temperaturas do ensaio de viscosidade

Brookfield (ASTM D2493, 2009), com base nas medidas de viscosidade obtidas nas três temperaturas de ensaio (135, 150 e 177°C). Neste caso, a temperatura de usinagem e compactação foram definidas em 150°C e 140°C, respectivamente. Além disso, foram calculados os parâmetros volumétricos previstos na dosagem Marshall para as duas misturas compactadas de maneira distinta (Marshall e Superpave). O teor ótimo de ligante foi definido em função da avaliação destes parâmetros, a partir da análise da variação do volume de vazios (V_v) e da relação betume vazios (RBV).

2.3 Compactação

O primeiro conjunto de amostras foi compactado, após usinagem, utilizando soquete mecânico Marshall (Figura 3(a)), com a aplicação de 75 golpes em cada face do corpo de prova. Para a compactação pelo método Superpave, é necessária a definição da quantidade de giros a serem realizados pelo compactador giratório (Figura 3(b)). Esse parâmetro é função do tráfego a que o pavimento estará sendo solicitado, conforme Tabela 2. Por conta disso, as misturas foram compactadas com 100 giros, que corresponde ao número de giros utilizados para misturas asfálticas dosadas pela metodologia Superpave para um tráfego de médio a alto, equivalendo aos 75 golpes do compactador Marshall.

Tabela 2 – Número de giros em função do tráfego.

Tráfego de projeto, ESAL ($\times 10^6$)	Número de Giros		
	Inicial N_{ini}	Projeto N_{des}	Máximo $N_{máx}$
< 0,3	6	50	75
0,3 a 3	7	75	115
3 a 30	8	100	160
≥ 30	9	125	205

Fonte: Asphalt Institute, 2001 [4].



Figura 3 – (a) soquete Marshall; (b) compactador giratório Superpave.

2.4 Caracterização mecânica

A partir da definição do teor ótimo de ligante para ambas misturas, foram moldados cinco corpos de prova para cada tipo de compactação (Marshall e Superpave), e os mesmos foram avaliados quanto às suas características mecânicas, através dos ensaios de resistência a tração estática por compressão diametral (RT) e módulo de resiliência (MR), conforme Figura 4. O ensaio de MR foi executado de acordo com a norma ASTM D412 e o ensaio de RT seguiu a norma DNIT 136/2010-ME.

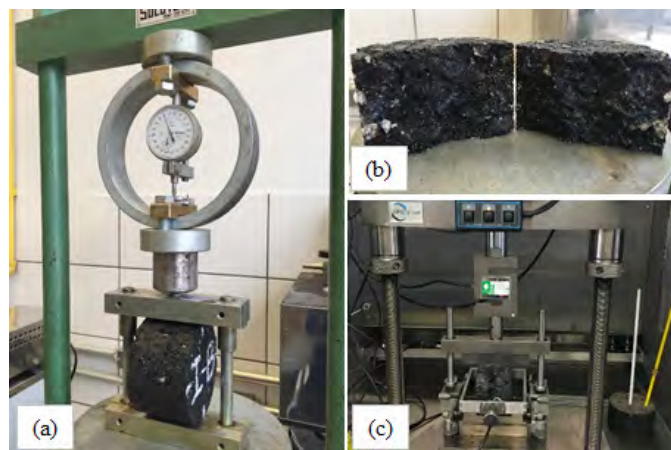


Figura 4 – (a) Ensaio de RT em andamento; (b) corpo de prova rompido; (c) ensaio de MR em andamento.

3 Resultados

A partir dos parâmetros volumétricos e mecânicos determinados na dosagem Marshall das misturas compactadas pelo método Marshall e Superpave (Tabela 3), foram plotadas seis curvas em função do teor de asfalto, para determinação do teor ótimo, conforme apresentado na Figura 5.

Tabela 3 – Parâmetros volumétricos das misturas estudadas.

Parâmetros	Marshall					Superpave				
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Massa esp. máx. medida (g/cm ³)	2,511	2,500	2,479	2,473	2,443	2,511	2,500	2,479	2,473	2,443
Volume de vazios, V _v (%)	6,5	5,6	4,4	3,9	3,1	6,0	4,9	2,9	2,4	1,5
Massa esp. aparente, G _{mb} (g/cm ³)	2,348	2,360	2,371	2,376	2,353	2,359	2,377	2,406	2,414	2,407
Vazios agregado mineral, VAM (%)	15,9	16,2	16,2	16,9	17,2	15,4	15,6	14,9	15,6	15,8
Rel. betume/vazios, RBV (%)	59,0	65,3	73,0	76,9	82,0	60,9	68,3	80,3	84,8	90,8
Estabilidade (N)	10.795	12.426	12.364	12.669	11.075	12.896	13.986	13.840	13.224	13.720

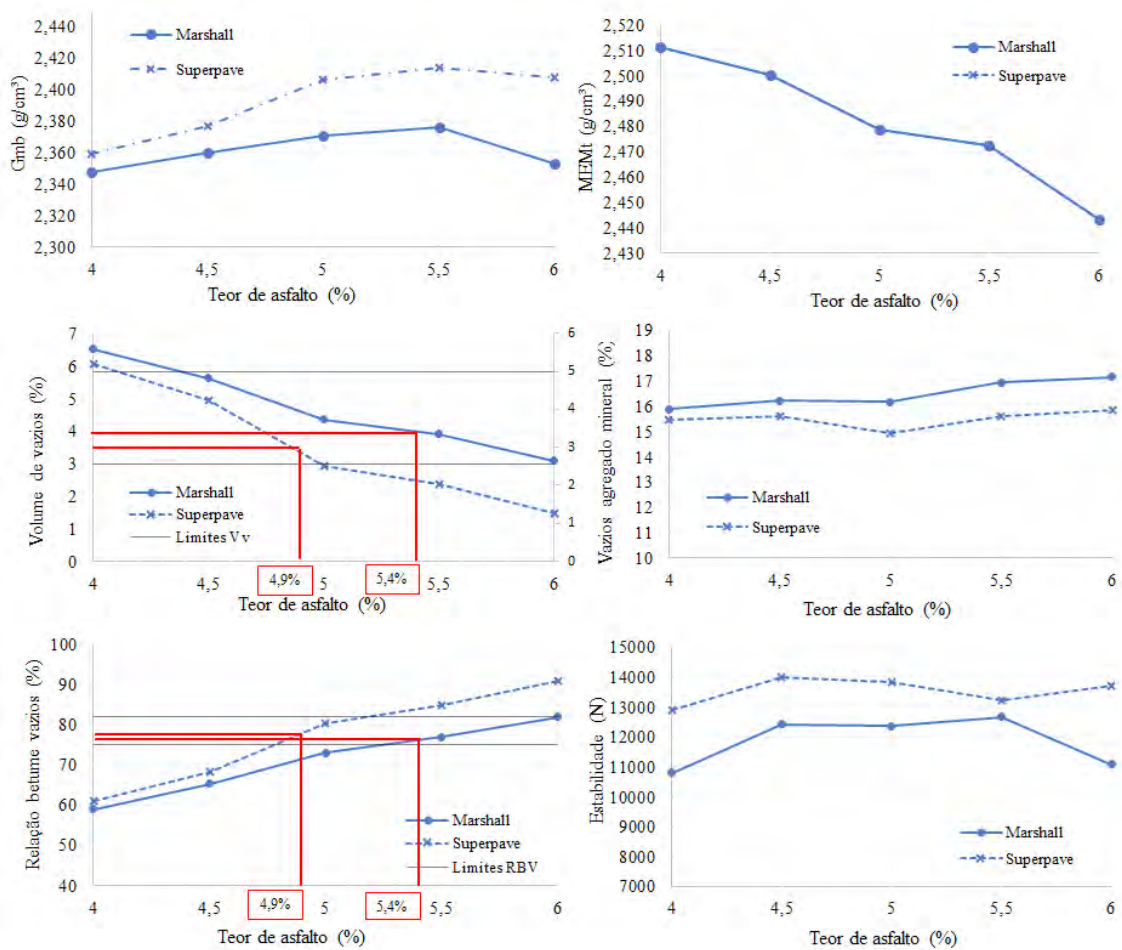


Figura 5 – Curvas em função do teor de asfalto misturas estudadas.

Analisando os resultados do volume de vazios, nos corpos de prova dosados com os teores de 4 a 6% de ligante, é possível perceber que todas as amostras compactadas pelo soquete Marshall apresentaram um aumento do volume de vazios em relação as amostras compactadas no compactador giratório. Esse aumento é progressivo e crescente, ou seja, nos teores mais elevados o aumento é mais significativo. Esse comportamento corroboraria a hipótese de que o compactador giratório consegue densificar melhor a mistura asfáltica, através da pressão aplicada em cada giro.

O teor ótimo de ligante foi selecionado a partir dos parâmetros de dosagem volume de vazios (Vv) e relação betume/vazios (RBV), já que a alternativa tradicional de escolha pelo volume de vazios correspondente à 4%, apresentou valores de RBV fora da especificação DNIT 031/2006 – ES. Seguindo este critério, os teores ótimos definidos foram de 5,4% e 4,9%, para as misturas Marshall e Superpave, respectivamente. Alguns autores [5] também relatam a redução no teor de ligante ótimo quando da utilização do compactador giratório, em comparação com o soquete Marshall. A Figura 6 apresenta o corpo de prova de cada uma das misturas estudadas.



Figura 6 – Corpos de prova das misturas estudadas.

Os resultados da caracterização mecânica dos corpos de prova moldados com o teor ótimo de ligante de cada uma das misturas estão apresentados na Tabela 4. A Figura 7 apresenta graficamente os resultados dos ensaios de resistência à tração e módulo de resiliência, respectivamente.

Tabela 4 – Caracterização mecânica das misturas (RT e MR).

Parâmetro	Marshall	Superpave
RT (MPa)	1,398	1,362
MR (MPa)	3853	3712

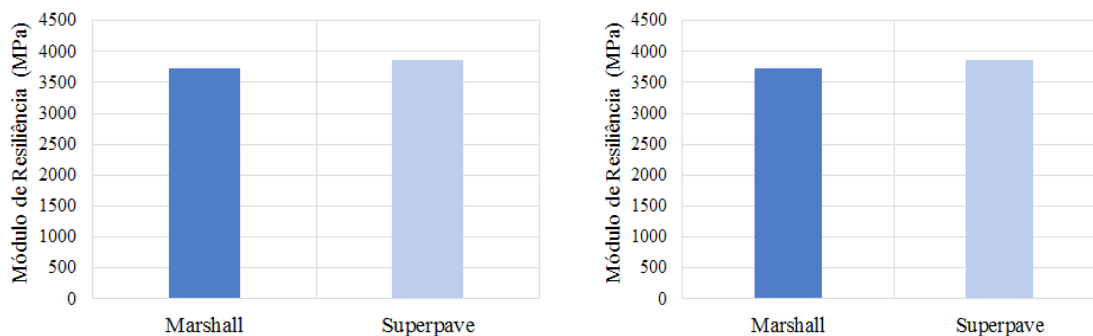


Figura 7 – Resultados resistência a tração e módulo de resiliência, respectivamente.

A norma DNIT 031/2006 especifica o valor de RT mínimo de 0,65 MPa para concretos asfálticos, sendo assim, conforme apresentado na Figura 9, as duas misturas atendem à especificação. Apesar de apresentar valores de RT diferentes, ligeiramente menor para a mistura compactada no compactador giratório Superpave, não há diferença estatística entre os valores encontrados para os dois processos de compactação, analisados através da diferença das médias com relação ao desvio padrão (3). Ainda, vale ressaltar que os resultados de estabilidade Marshall foram maiores para as amostras Superpave do que para as amostras Marshall.

Quanto aos resultados de módulo de resiliência também não há diferença estatística entre os valores, porém, as amostras compactadas no compactador giratório Superpave apresentaram re-



sultados de módulo de resiliência maiores do que as amostras compactadas no soquete Marshall, possivelmente por conta do menor teor de ligante das misturas Superpave que, sendo mais rígidas neste caso, apresentam uma menor deformação frente à tensão aplicada o que implica em uma menor deformabilidade em campo. Essa diferença nos valores de MR e RT também foi encontrado em outras pesquisas dessa natureza [6], que concluem que a dosagem Marshall e Superpave para energias equivalentes podem até fornecer teores de ligante de projeto similares, porém em termos de MR e RT podem apresentar valores diferentes pois as estruturas do esqueleto mineral geradas pela compactação por impacto (Marshall) e por amassamento (Superpave) são distintas e interferem no valor dessas propriedades mecânicas.

4 Conclusões

Os resultados dessa pesquisa apontam para a redução do teor de ligante das misturas asfálticas compactadas pelo compactador giratório Superpave, de 0,5% no teor de ligante, mantendo os parâmetros de resistência a tração e módulo de resiliência nos mesmos níveis encontrados para as amostras compactadas pelo soquete Marshall. Sendo assim, este melhor desempenho está relacionado unicamente à forma de compactação, a qual influencia o teor ótimo de ligante, já que tanto o tipo de materiais, composição granulométrica e temperaturas de usinagem e compactação foram mantidas constantes no planejamento do experimento.

Ainda, a partir da análise dos resultados do comportamento mecânico, no caso das amostras compactadas por amassamento, no compactador giratório Superpave, é possível inferir que as mesmas deformaram menos a um dado nível de tensão, quando comparadas as amostras compactadas pelo compactador Marshall, acarretando em misturas menos suscetíveis à deformação em campo. De qualquer forma, não foram analisados os comportamentos dessas misturas asfálticas em relação aos ensaios de fadiga e deformação permanente, sendo estes parâmetros importantes para avaliação de desempenho das misturas.

Por fim, é importante ressaltar que pesquisas que tratem da avaliação de outros métodos, além do normalizado método Marshall, onde a dosagem possa refletir de forma mais efetiva em campo, aplicados a materiais típicos brasileiros, tem importância significativa para o conhecimento sobre métodos de dosagem racionais de misturas asfálticas no Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Pavimentação Armando Martins Pereira (LAMP) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pela disponibilização de laboratórios, equipamentos e apoio à pesquisa, e, ao BNDES e à CAPES, pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] BERNUCCI, L.B., MOTTA, L.M.G., CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS:ABEDA, 2007.
- [2] ROBERTS, F. L.; MOHAMMAD, L. N.; WANG, L. History of Hot Mix Asphalt Mixture Design. **Journal of Materials in Civil Engineering**, 2002. 279-293.
- [3] LEANDRO, R. P. **Avaliação do comportamento mecânico de corpos de prova de misturas asfálticas a quente resultantes de diferentes métodos de compactação**. 289 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Departamento de Engenharia de Transportes – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2016.
- [4] ASPHALT INSTITUTE. **Superpave mix design: Superpave series SP-2**. E. ed. [S.I.]: [s.n.], 2001.
- [5] JITSANGIAM, P.; CHINDAPRASIRT, P.; NIKRAZ, H. An evaluation of the suitability of SUPERPAVE and Marshall asphalt mix designs as they relate to Thailand's climatic conditions. **Construction and Building Materials**, 2013, v.40, 961-970.
- [6] NASCIMENTO, L.; LEITE, L.; CAMPOS, E. F.; MARQUES, G.; MOTTA, L. **Uso da tomografia computadorizada e de imagens digitais para o estudo de misturas asfálticas**. In: ENCONTRO DO ASFALTO, 18, 2006, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: IBP, 2006.
- [7] ASPHALT INSTITUTE. The Bailey Method: Achieving Volumetrics and HMA Compactability. Lexington, 2014. Disponível em: <<http://www.asphaltinstitute.org/bailey-method-achieving-volumetrics-and-hma-compactability/>>. Acesso em: 05 jul. 2016.
- [8] CUNHA, M. B. C. **Avaliação do método Bailey de seleção granulométrica de agregados para misturas asfálticas**. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Setor de Transportes, – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2004.



MISTURAS ASFÁLTICAS AUTORREGENERATIVAS: ESTADO DA ARTE

V. Bacca Couto Joenck¹; J. Villena²

^{1,2} Universidade Federal do Paraná - UFPR, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 420-456, Jd. das Américas,
Curitiba/PR

*vanessa.bacca@gmail.com*¹, *joevillena@gmail.com*²

Resumo: Este artigo tem por objetivo apresentar o estado da arte do desenvolvimento de novas misturas asfálticas autorregenerativas. As misturas asfálticas autorregenerativas são materiais asfálticos capazes de fecharem as trincas oriundas de tensões de fadiga, incrementando a vida de serviço do pavimento e dispensando a remoção da camada de revestimento asfáltico. No Brasil, o tema ainda não ganhou destaque nas publicações acadêmicas em razão de existirem pesquisas relacionadas com o tema ainda em desenvolvimento. No presente trabalho foi realizado um levantamento dos últimos artigos publicados em revistas internacionais e das principais contribuições de pesquisadores. Assim, são apresentados os métodos que permitem baixar a viscosidade do ligante asfáltico de misturas aplicadas em campo a fim de acelerar o processo e o nível de autorregeneração. Por fim, este artigo propôs uma série de recomendações para pesquisas futuras a fim de aprimorar o desenvolvimento destes tipos de misturas.

Palavras-chave: Misturas asfálticas autorregenerativas, Fadiga, Indução eletromagnética, Micro-ondas, Microcápsulas.

Abstract: This article aims to present the state of the art of new self-healing asphalt mixes development. The self-healing asphalt mixes are materials able to closing cracks from fatigue stresses by themselves, increasing pavement life service and sparing the asphalt pavement removal. In Brazil, the issue has not yet gained prominence in academic publications due to the existence of research related to the topic still being developed. In this research, a survey of the last articles published in international journals and the contributions of the researchers regarding the subject was made. Thus, this article presents methods that allow reducing the constructed asphalt binder viscosity, in order to accelerate the self-healing process. Finally, this article proposes a set of recommendations for future researches in order to improve the development of these types of mixes.

Keywords: Self-healing of asphalt mixes, Fatigue, Induction heating, Microwave, Microcapsules.

1 Introdução

As trincas em revestimentos asfálticos requerem manutenção imediata a fim de impedir a progressão da deterioração do pavimento. As trincas por fadiga originam-se da repetição de tensões inferiores àquelas de ruptura gerada pelo tráfego de veículos, mas que com passar do tempo altera a estrutura interna do pavimento formando microfissuras progressivas que culminam no desenvolvimento de fraturas e consequentemente, no rompimento do material [1]. O trincamento por fadiga, quando em estágio muito avançado, também é conhecido como “couro de jacaré” (Figura 1), o qual comumente se encontra nas trilhas de rodas [2].



Figura 1 – Trincamento por fadiga em revestimento asfáltico [1].

Fonte: Adaptado [3]

As trincas em revestimento asfáltico são prejudiciais ao pavimento por diversas razões, pois elas reduzem as propriedades mecânicas e diminuem a durabilidade ao permitir a entrada da água na estrutura, a qual acarreta a aceleração da deterioração. A reabilitação do revestimento trincado usualmente é realizada por remoção do revestimento danificado e aplicação de uma nova mistura, o que implica em gastos econômicos, produção de novas misturas e dano ambiental por utilizar novos recursos. No Brasil a Pesquisa CNT de Rodovias 2016 [4] fez um levantamento de 103,3 mil km pavimentados e verificou que a qualidade de 48,3% do pavimento é considerada regular a péssimo, ou seja, são 50 mil km entre regular a péssimo, conforme apresentado na Figura 2.

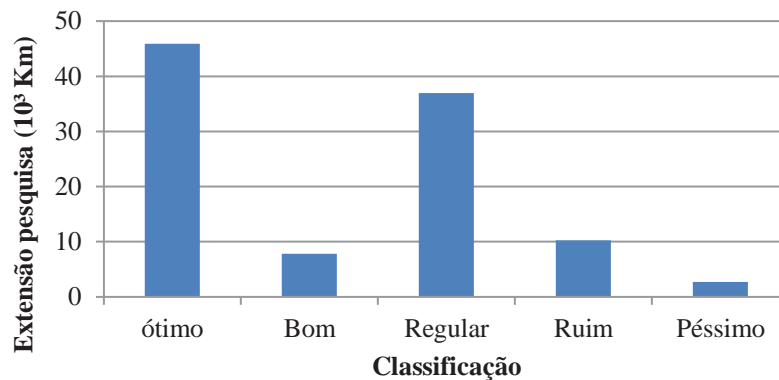


Figura 2 – Classificação dos 103.259 km de pavimento no Brasil.

Fonte: Adaptado [4].

Nos pavimentos asfálticos, retardar a manutenção significa menor produção de concreto betuminoso, o que representa menores quantidades de emissões de gases poluentes das usinas, economia de energia, além da menor necessidade de cimento asfáltico, de agregados pétreos e de areia, reduzindo detonações e desmatamentos nas jazidas de exploração. Dessa forma, muitos pesquisadores têm buscado técnicas de manutenção que reciclam o material, sem a necessidade de utilizar novos materiais e remoção do revestimento trincado. A atual técnica refere-se ao desenvolvimento de misturas asfálticas autorregenerativas que têm a capacidade de se recuperarem de pequenas trincas oriundas das tensões de fadiga, incrementando a vida de serviço do pavimento.

O presente estudo tem por objetivo realizar uma pesquisa bibliográfica com intuito de levantar as principais descobertas e resultados obtidos até o momento com relação ao desenvolvimento de misturas asfálticas autorregenerativas de trincas de tensões de fadiga. Este artigo pretende, também, dar a conhecer este tema no Brasil e permitir servir de referência para subsidiar futuros estudos.

2 Autorregeneração das misturas asfálticas

Não há uma definição exata da capacidade de autorregeneração nos revestimentos asfálticos. Entretanto, a autorregeneração é entendida como uma resposta intrínseca do ligante asfáltico para reduzir as trincas dentro do corpo betuminoso, e conseqüentemente iniciar a recuperação parcial das propriedades originais do material asfáltico [5]. Uma limitação da autorregeneração é que a mesma não é capaz de recuperar danos por deformação permanente.

O processo de autorregeneração não é perpétuo e a sua eficiência é afetada pela magnitude do dano sofrida pela mistura asfáltica. Neste sentido, [6] concluíram que quando as tensões de fadiga reduzem em 60% o módulo de resiliência inicial, a recuperação da vida de fadiga é reduzida significativamente. Da mesma forma, [7] observaram em um experimento que misturas asfálticas de concreto asfáltico denso que sofreram redução em 70% do módulo de resiliência original, a regeneração

alcançada foi baixa em razão da deformação permanente ou quebra dos agregados. Ainda, de acordo com [8] a autorregeneração apenas recupera trincas até uma determinada largura.

A autorregeneração em misturas asfálticas ocorre em períodos sem tráfego e em alta temperatura, especificamente entre 30°C a 70°C, dependendo do tipo de ligante utilizado [8]. Entretanto, a autorregeneração é muito lenta em temperatura ambiente e é maior quanto maior o tempo de repouso entre as passagens de cargas [6]. Todos os autores estudados coincidem que o aquecimento do material por meio de uma fonte de energia externa é uma forma de acelerar o processo de autorregeneração artificialmente. O aquecimento de misturas asfálticas usualmente é realizado por ondas eletromagnéticas ou por micro-ondas. Existe também a possibilidade da adição de cápsulas preenchidas com substâncias que permitem baixar a viscosidade do ligante na ocorrência de uma trinca, promovendo a sua regeneração. A seguir, serão apresentados os principais métodos de autorregeneração.

2.1 Métodos que aceleram a autorregeneração em misturas asfálticas

2.1.1 Indução eletromagnética

Os equipamentos de aquecimento por indução possuem uma tecnologia conhecida há muito tempo e atualmente são utilizados em diversas aplicações, tais como fusão ou aquecimento de metais nas indústrias e cozimento de alimentos por meio de fogões de indução.

Conforme [9] o processo de aquecimento por indução eletromagnética se dá por meio de corrente induzida que aquece a mistura asfáltica consoante com o princípio físico de Joule (Figura 3), reduzindo a viscosidade do ligante asfáltico com o aumento de temperatura e conseqüentemente ocorre a fluidez do material para os vazios gerados pelas trincas. Todavia, é necessária a adição de materiais eletricamente condutivos na mistura asfáltica para induzir correntes de *Foucault* (corrente induzida), pois as fibras condutivas funcionam como estradas para os elétrons percorrerem.

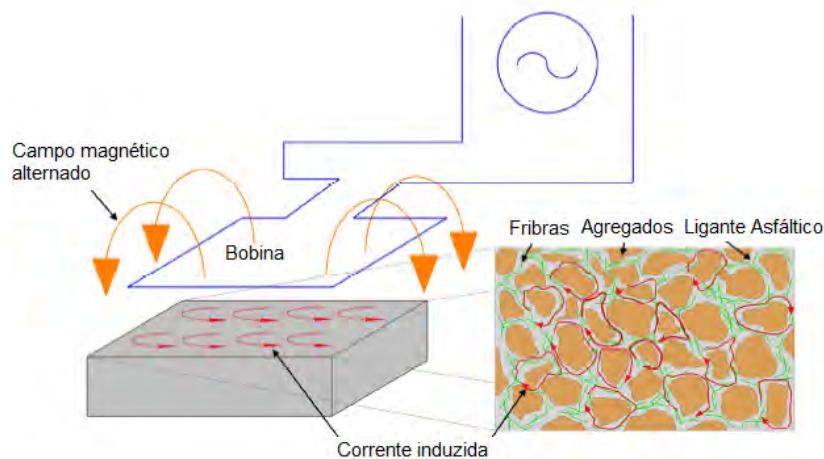


Figura 3 – Esquema de aquecimento por indução eletromagnética.

Fonte: Adaptado [9].

2.1.2 Irradiação de micro-ondas

Outra maneira de elevar a temperatura do material asfáltico a fim de acelerar o processo de autorregeneração, visto que o processo é altamente dependente da temperatura, é a utilização de micro-ondas. As micro-ondas são ondas eletromagnéticas, tais como ondas de rádio, luz visível e ondas de Raios-X. A diferença entre os tipos de ondas está relacionada com o comprimento da onda. As micro-ondas têm comprimento entre 3 mm a 3m, as quais corresponde a uma frequência entre 100 MHz a 100 GHz. Um forno de micro-ondas típico apresenta ondas com frequência de 2.45 GHz e comprimento de onda de 120mm [10].

O processo de aquecimento por ondas eletromagnéticas consiste em adicionar partículas que promovem maior suscetibilidade da mistura asfáltica em absorver ondas eletromagnéticas, tais como fibras de aço, ferrite, grafites e escórias de siderurgia. As partículas adicionadas convertem a energia absorvida em calor, causando aquecimento do material asfáltico que ao atingir o ponto de fluidez, permitirá selar as trincas do pavimento [11]. A Figura 4 apresenta um modelo de aplicação de aquecimento por um veículo adaptado com um gerador de micro-ondas sobre um pavimento asfáltico.

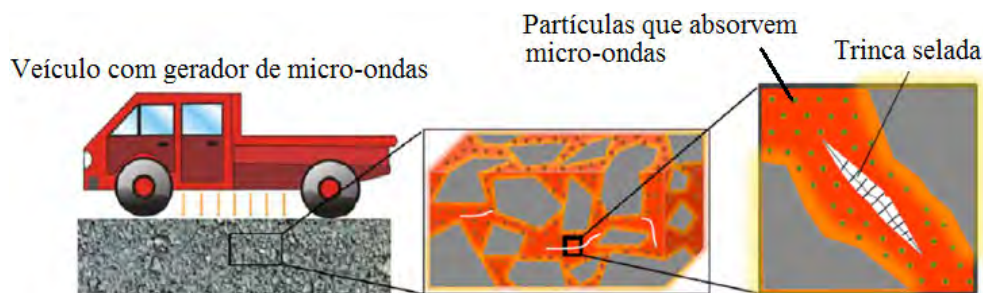


Figura 4 – Irradiação de micro-ondas em revestimento asfáltico.

Fonte: Adaptado [6].

2.1.3 Microcápsulas

Segundo [12], a autorregeneração com microcápsulas consiste em microcápsulas preenchidas com agentes rejuvenescedores e inseridas na mistura asfáltica. As trincas no revestimento asfáltico ao se propagarem irão atingir as microcápsulas provocando o rompimento das mesmas, conforme o esquema apresentado na Figura 5. O agente rejuvenescedor das microcápsulas fluirá para o interior das trincas dissolvendo o ligante asfáltico o qual preencherá os vazios e efetivará a recuperação das características originais do material.



Figura 5 – Esquema de autorregeneração com cápsulas.

Fonte: Adaptado [13].

Atualmente, existem dois tipos de cápsulas contendo rejuvenescedores: cápsulas com tamanho menor que $100\ \mu\text{m}$, que consistem em uma gota de óleo revestida por um polímero rígido; e, cápsulas com tamanho acima de $100\ \mu\text{m}$, as quais consistem de um núcleo poroso de areia impregnado com óleo e revestida por um invólucro rígido de enchimento e epóxi. As cápsulas na mistura asfáltica substituem frações de agregados e devem resistir aos procedimentos de mistura durante a produção do material asfáltico e romperem somente na presença de trincas [13].

Muitos pesquisadores buscaram avaliar o nível de autorregeneração em misturas asfálticas, ou seja, verificar a capacidade de o material recuperar a resistência a ruptura por tensões de fadiga ou a extensão da vida de fadiga. Assim, será apresentado no item seguinte alguns dos resultados de pesquisas que obtiveram excelentes níveis de autorregeneração em misturas asfálticas.

2.2 Níveis de autorregeneração

[9] verificaram a taxa de regeneração de amostras de mastiche asfáltico com adição de lâ de aço aquecidas por indução eletromagnética. Assim, as amostras foram rompidas a -20°C e aquecidas durante dois minutos até a temperatura de 120°C ; neste processo o ligante tornava-se fluido e permitia a regeneração do mastiche. As amostras foram testadas por vários ciclos de rompimento e aquecimento. Após os testes, verificou-se que após o primeiro ciclo de rompimento e regeneração, a resistência média atingida foi de 90% da resistência média da amostra original, e após cinco ciclos, a resistência média foi de 70% da amostra original (Figura 6). Desta forma, os autores concluíram que é possível obter misturas asfálticas autorregenerativas, mas que o processo não é perpétuo e sua efetividade diminui a cada ciclo.

[14] obtiveram excelentes resultados ao realizarem experimentos de aquecimento por indução eletromagnética para promover a autorregeneração de trincas de fadiga em misturas de concreto

asfáltico denso com adição de lã de aço. Os resultados da pesquisa após o sexto ciclo de fratura por tensões de fadiga e regeneração mantiveram pelo menos a metade da resistência original. [14] também compararam a recuperação de amostras com adição de lã de aço que sofreram danos por tensões de fadiga e foram aquecidas por indução eletromagnética com amostras sem adição de lã e ficaram apenas em repouso após o ensaio de fadiga, sem o aquecimento. O estudo verificou uma taxa de regeneração de 100% em misturas asfálticas contendo lã de aço e aquecidas por indução, enquanto que amostras sem adição de lã e sem aquecimento, alcançaram uma taxa de recuperação de apenas 52,08% ao ficarem em repouso.

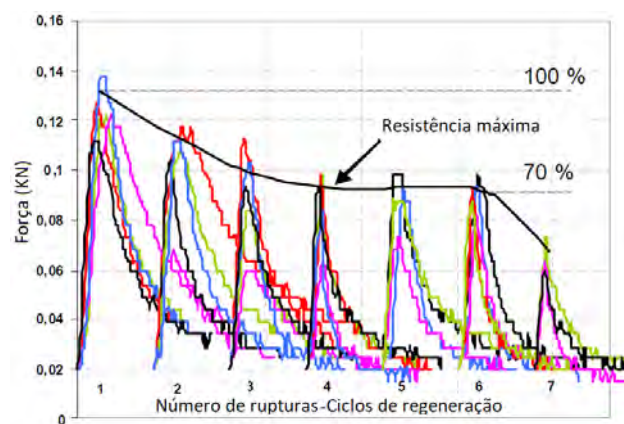


Figura 6 – Curva carga – ruptura versus ciclos de regeneração em amostras contendo 5,66% de lã de aço (referente ao volume de ligante asfáltico) e relação de 1,60 de areia por ligante asfáltico.

Fonte: Adaptado [9].

[15] verificaram o nível de regeneração de mistura asfáltica contendo 4% de fibras de aço aquecida por micro-ondas em intervalos de 40, 60, 80 e 100 segundos e concluíram que o tempo de 40 segundos de aquecimento foi o que obteve melhor nível de regeneração (Figura 7).

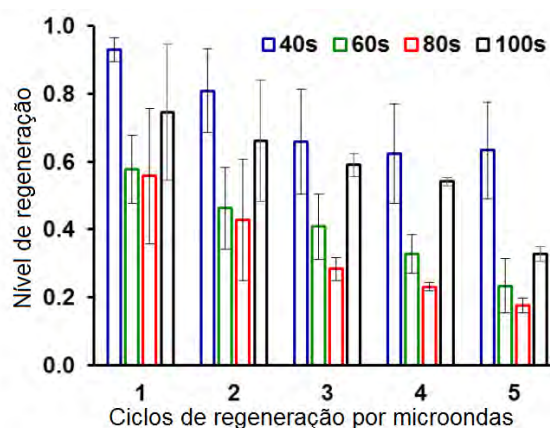


Figura 7 – Nível de regeneração em amostras aquecidas por micro-ondas em misturas asfálticas com adição de 4% de fibras de aço em função do tempo.

Fonte: Adaptado [15].

Segundo [6], a vida de fadiga é recuperada ao deixar em repouso misturas asfálticas que sofreram danos por tensão de fadiga, independente se foram aquecidas ou não. A recuperação dos danos ao deixar o material em repouso é maior quanto maior o tempo de descanso. Entretanto, ao aquecer o material por meio de uma fonte de energia externa, o nível de recuperação da vida de fadiga incrementa-se significativamente mesmo quando o tempo de repouso do material é curto. A seguir são apresentadas alguns dos resultados de pesquisas no quadro resumo da Tabela 1:

Tabela 1 – Quadro resumo de pesquisas com misturas asfálticas autorregenerativas.

Técnica	Mistura asfáltica	Parâmetro	Número de ciclos	Nível de autorregeneração	Ref.
Indução eletromagnética	Mástique asfáltico com 5,66% de lã de aço	Resistência máxima a tração - Não específica o tipo de ensaio.	7	90% no 1º ciclo e 70% após o 5º ciclo	[9]
Indução eletromagnética	Concreto asfáltico denso com 8% lã de aço	Resistência máx. a tração - Ensaio de flexão em viga de 3 pontos (deformação controlada, 5mm/min)	9	100% após o 1º ciclo e 50% após o 6º ciclo	[14]
Micro-ondas	Concreto asfáltico denso com 4% de fibras de aço	Resistência máx. a tração - Ensaio de flexão em viga de 3 pontos (deformação controlada, 5mm/min)	5	93% após o 1º ciclo ao aquecer por 40 seg. e 62% após o 5º ciclo	[15]

Fonte: Os autores (2017).

3 Conclusões

A autorregeneração em misturas asfálticas foi validada por diversas pesquisas e que comprovaram que é possível estender a vida de serviço de pavimentos asfálticos que sofreram danos por tensões de fadiga, desde que estes danos não causem deformações permanente no material.

A autorregeneração em misturas asfálticas é altamente dependente da temperatura do ligante asfáltico, dessa forma a fim de acelerar o processo de regeneração, o aquecimento de misturas asfálticas contendo materiais condutivos por indução eletromagnética ou por micro-ondas tem apresentado ótimos resultados. Há ainda a adição microcápsulas preenchidas com agentes rejuvenescedores durante a produção da mistura asfáltica que liberam o agente apenas quando o revestimento asfáltico apresentar trincas. Ademais, a autorregeneração de misturas asfálticas é influenciada por diversos fatores, tais como o tipo de ligante asfáltico, o tempo em repouso, das dimensões das trincas, do tipo de material condutivo adicionado na mistura, da quantidade de material condutivo adicionado, das propriedades físicas do material e entre outros fatores. Apesar da efetividade de regeneração ser reduzida a cada ciclo (danos seguidos de regeneração), ainda é possível obter bons resultados durante os primeiros ciclos de regeneração, tal como os resultados de [6] que alcançaram 70% da resistência original até o sexto ciclo de regeneração.



Porém, ainda restam muitas lacunas no desenvolvimento de misturas asfálticas autorregenerativas que necessitam ser estudadas com maior aprofundamento, tais como as aplicações em campo com o desenvolvimento de equipamentos de aquecimento para serem utilizados em rodovias. Deve-se, ainda, avaliar as propriedades mecânicas das misturas asfálticas com os diversos tipos de adições suscetíveis ao aquecimento, as características dos materiais condutivos adicionados em mistura asfáltica e os fatores que influenciam no revestimento asfáltico devido ao processo de autorregeneração. Outro ponto que necessita ser avaliado são os tipos de misturas asfálticas existentes no mercado e os níveis de autorregeneração possíveis de serem alcançados.

Referências

- [1] BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- [2] BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DOS TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfáltico**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 310p
- [3] ASPHALT INSTITUTE. Disponível em: < <http://www.asphaltinstitute.org/asphalt-pavement-distress-summary/>> Acesso em: 14 de nov. 2017.
- [4] CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial. 20. ed. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2016. Disponível em: < [http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2016\)%20-%20LOW.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2016)%20-%20LOW.pdf)> Acesso em: 3 de abr. 2017.
- [5] AYAR, P.; NAVARRO, F. M.; GÁMEZ, M. C. R. The healing capability of asphalt pavements: a state of the art review. **Cleaner Production**, 113, p. 28-40, 2016. Disponível em < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615018582> >. Acesso em: 8 out. 2017.
- [6] ZHU, X.; CAI, Y.; ZHONG, S.; ZHU, J.; ZHAO, H. Self-healing efficiency of ferrite-filled asphalt mixture after microwave Irradiation. **Construction and Building Materials**, v. 141, 2017. p. 12–22. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181730346X>>. Acesso em: 26 ago. 2017.
- [7] LIU, Q.; GARCÍA, A.; SCHLANGEN, E.; VEN, M. V. Induction healing of asphalt mastic and porous asphalt concrete. **Construction and Building Materials**, v.25, p.3746-3752, abr. 2011. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/229439179>>. Acesso em: 25 mar. 2017.
- [8] MENOZZI, A.; GARCÍA, A.; PARTL, M. N.; SCHUETZ, P. Induction healing of fatigue damage in asphalt test samples. **Construction and Building Materials**, v.74, p. 162-168. 2015. Disponível em:< <https://www.researchgate.net/publication/267928694>>. Acesso em: 31 mar. 2017.
- [9] GARCÍA, A.; SCHLANGEN, E.; VEN, M. V.; VLIET, D. V. Crack repair of asphalt concrete with induction energy. **Heron**, v. 56, 2011. Disponível em:<<https://www.researchgate.net/publication/236683573>>. Acesso em: 24 mar. 2017.
- [10] GALLEGO, J.; VAL, M. A.; CONTRERAS, V.; PÁEZ, A. Heating asphalt mixtures with microwaves to promote self-healing. **Construction and Building Materials**, v. 42, p.1-4, 2013. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812009634>>. Acesso em: 14 jul. 2017.
- [11] CONTRERAS, J. N.; GARCIA, A. Effect of fibres addition on the physical and mechanical properties of asphalt mixtures with crack-healing purposes by microwave radiation. **Materials & design**, v. 106, p. 404-414, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127516307006>>. Acesso em: 19 abr. 2017.
- [12] CHUNG, K; LEE, S.; PARK, M.; YOO, P; HONG, Y. K. Preparation and characterization of microcapsule-containing self-healing asphalt. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 29, p. 330 -337, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226086X15001409>>. Acesso em: 11 out. 2017.
- [13] GARCÍA, A.; JELFS, J.; AUSTIN, C. J. Internal asphalt mixture rejuvenation using capsules. **Construction and Building Materials**, v.101, p.309-316, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815304839>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

- [14] DAI, Q.; WANG, Z.; HASAN, M. R. M. Investigation of induction healing effects on electrically conductive asphalt mastic and asphalt concrete beams through fracture-healing tests. **Construction and Building Materials**, v. 49, p.729-737, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813008325>>. Acesso em: 14 abr. 2017.
- [15] CONTRERAS, J. N.; GARCÍA, A. Self-healing of asphalt mixture by microwave and induction heating. **Construction and Building Materials**, v. 127, p. 369-382, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816316099>>. Acesso em: 25 jul. 2017.



ANÁLISE DE CENTRALIDADE DE PROXIMIDADE NOS DEZ AEROPORTOS DE MAIOR MOVIMENTAÇÃO DE PASSAGEIROS DO BRASIL

L. R. Alves¹; D. F. Vicentini²

^{1,2}*Universidade Federal do Paraná, Av. Coronel Francisco H. dos Santos, 210
Jd. das Américas, Curitiba/PR, CEP 81530-000
lucianoribeiroalves@ufpr.br¹, vicentini@ufpr.br²*

Resumo: O mercado da aviação civil no Brasil aumentou significativamente nos últimos anos, tornando o setor cada vez mais impactante na economia do país. Desta forma, estudos que buscam entender melhor sua dinâmica de funcionamento são muito relevantes. Este estudo tem por objetivo analisar os dez aeroportos mais movimentados do país através de medidas de centralidade de proximidade em rede. Para tal, foi realizada uma coleta de informações dentro da base de dados dos organismos do setor aéreo brasileiro, e, em seguida, foi realizada a análise de centralidade com o auxílio do *software Ucinet 6.363*. Os estudos indicaram uma grande concentração da atividade do setor aeroviário na região sudeste e os aeroportos de maior intensidade com a rede. Este trabalho ainda apresenta uma discussão que visa contribuir na escolha de um centro logístico dentro da malha dos aeroportos mais movimentados do território nacional.

Palavras-chave: Aeroportos, Logística, Centralidade, Grafos.

Abstract: The civil aviation market in Brazil has grown significantly in the last few years, turning this activity highly impactful on the country's economy. Therefore, studies that aim on a better understanding of its dynamics are very relevant. The objective of this work is to analyze the ten most visited airports in Brazil using proximity centrality measures. To achieve the goal, all the data needed was collected from the official Brazilian organizations database and subsequently inserted into the Ucinet 3.363 software in order to obtain all centrality parameters. The results of this research indicate that the civil aviation flow in the country is not well balanced throughout the territory. This work also pointed a possible option for a logistic center of the network studied.

Keywords: Airports, Logistics, Centrality, Graphs.

1 Introdução

Quase toda atividade humana requer algum deslocamento. O traslado, seja ele a pé, de bicicleta, ônibus, trem, carro ou avião, é essencial e necessário para que as atividades econômicas possam ser realizadas. Portanto, o estudo dos transportes é importante, uma vez que afeta todas as esferas produtivas de um país, além de modificar as concepções sociais, podendo alterar até mesmo o curso da história política [1].

O presente trabalho tem como objetivo analisar, sob a perspectiva da logística, um recorte da ciência dos transportes: a movimentação aérea de passageiros em território nacional. Para tanto, adotou-se como objeto principal de estudo o conjunto dos dez aeroportos mais movimentados do Brasil, com o objetivo de identificar quais são os aeroportos mais relevantes de acordo com a análise dos parâmetros de centralidade de proximidade deste conjunto e como isto pode contribuir com a logística entre eles.

Para aplicar os conceitos de centralidade, foi utilizada a Teoria dos Grafos, que é um desdobramento das teorias matemáticas acerca das soluções de problemas de otimização. Em essência, ela considera que todo conjunto de indivíduos ou organizações que têm algum tipo de relação sejam representados a partir de nós conectados por arestas. Segundo Freeman [2], que desenvolveu importantes estudos na área, as medidas de centralidade são baseadas na teoria dos grafos.

Assim, no presente estudo, optou-se por este tipo de análise, onde os vértices da rede são os aeroportos, e as arestas são as rotas aéreas que os interligam. Desta forma, podem-se aplicar os conceitos de centralidade estudados, objetivando analisar a malha aeroportuária brasileira em termos logísticos.

2 Metodologia

A análise de centralidade deste trabalho foi realizada em três etapas principais. A primeira consistiu na coleta de dados do tráfego aéreo nacional de passageiros, os quais foram coletados do banco de dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) [3], em formato de planilhas. Entretanto, estes arquivos possuem informações de tráfego de todos os aeroportos brasileiros, então, para o presente estudo, foi necessária a coleta seletiva e a edição dos dados a fim de restringir a análise aos aeroportos mais movimentados. Outra informação extraída do conteúdo disponibilizado pela ANAC [3] foi a distância entre os aeroportos. A obtenção destes valores diretamente do órgão competente é importante, pois estas distâncias não são exatamente linhas retas, uma vez que aeronaves traçam suas rotas de navegação com base nas cartas aéreas, como ilustra a Figura 1.

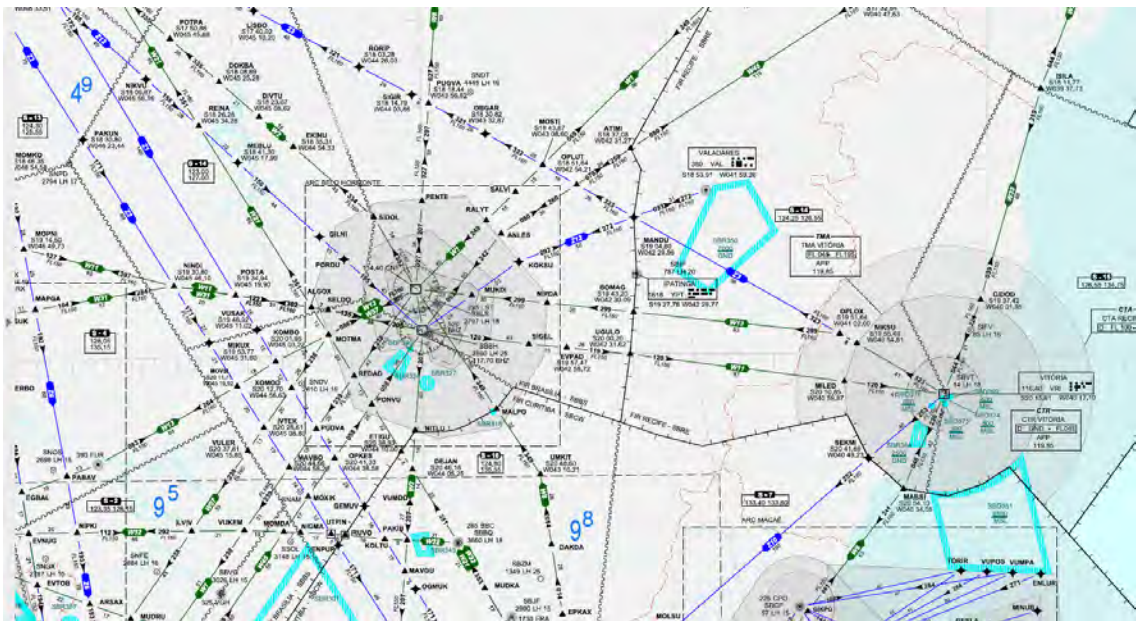


Figura 1 – Exemplo de carta de navegação.

Fonte: [4].

Portanto, para que o resultado da centralidade fosse condizente com a realidade, os valores das distâncias utilizados neste estudo foram os considerados pela ANAC como a distância que de fato os aviões voam para realizar o percurso.

A Tabela 1 mostra os aeroportos considerados para o presente estudo com as respectivas movimentações totais (em termos de voos nacionais, transporte de passageiros – pousos e decolagens somados). A Fig. 2 mostra a distribuição destes aeroportos no território brasileiro.

Tabela 1 – Lista dos aeroportos selecionados para este trabalho.

Aeroporto	Nome comercial	Cidade	Estado	Movimentações
SBGR	Guarulhos	Guarulhos	SP	112783
SBSP	Congonhas	São Paulo	SP	82355
SBKP	Viracopos	Campinas	SP	69269
SBGL	Galeão	Rio de Janeiro	RJ	68450
SBRJ	Santos Dumont	Rio de Janeiro	RJ	55622
SBCF	Confins	Belo Horizonte	MG	53661
SBBR	Juscelino Kubitschek	Brasília	DF	53243
SBCT	Afonso Pena	Curitiba	PR	50382
SBPA	Salgado Filho	Porto Alegre	RS	42279
SBSV	Luis Magalhães	Salvador	BA	33576



Figura 2 – Distribuição espacial dos aeroportos selecionados para o estudo.

Fonte: Os autores (2017).

Os dados coletados do banco de dados da ANAC e que foram formatados são apresentados na Tabela 2, que reúne as distâncias, em pares, entre os aeroportos em estudo.

Tabela 2 – Distância entre aeroportos em quilômetros.

Aeroporto	SBGR	SBSP	SBBR	SBGL	SBRJ	SBKP	SBCF	SBSV	SBPA	SBCT
SBGR	0	28	855	336	344	82	496	1452	865	359
SBSP	28	0	873	360	366	84	524	1480	837	331
SBBR	855	873	0	914	928	798	590	1083	1605	1083
SBGL	336	360	914	0	14	398	361	1217	1121	672
SBRJ	344	366	928	14	0	407	374	1224	1120	676
SBKP	82	84	798	398	407	0	498	1458	874	348
SBCF	496	524	590	361	374	498	0	959	1361	846
SBSV	1452	1480	1083	1217	1224	1458	959	0	2315	1805
SBPA	865	837	1605	1121	1120	874	1361	2315	0	534
SBCT	359	331	1083	672	676	348	846	1805	534	0

A centralidade é uma propriedade dos indivíduos ou organizações de uma rede de grafos que indica o quão central ou relevante eles são [5]. Os primeiros estudos de centralidade em grafos são datados de 1950, por Bavelas, que aplicou estes conceitos em uma rede de comunicação. Através destes estudos, percebeu-se que os conceitos poderiam ser aplicados a diversos sistemas que configurassem uma rede, que por sua vez pode ser representada através dos grafos.



Tradicionalmente, as medidas de centralidade podem ser de grau, proximidade, ou de intermediação, as quais foram estudadas e catalogadas por [2] em 1978. Desde então, até os dias atuais, ainda existem novas propostas de medidas de centralidade, cujos cálculos podem ser efetuados por *softwares* cada vez mais modernos, como a centralidade em camadas proposta por [6] em 2016. No presente estudo, os aeroportos da malha selecionada são analisados quanto à medida de centralidade de proximidade.

A centralidade de proximidade é calculada através da Eq. (1):

$$Cp(v_i) = (\sum_{j=1}^n dist(v_i, v_j))^{-1} \quad (1)$$

Onde $dist(v_i, v_j)$ se refere à distância entre dois vértices v_i e v_j de um grafo de n vértices. Esta medida indica qual é o vértice do grafo que está mais próximo de todos os outros vértices da rede, ou seja, uma informação ou produto chega mais rápido a todos os pontos da rede quando partem do vértice de maior centralidade. Esta medida pode indicar, portanto, a localização de um possível centro logístico que visa suprir todos os aeroportos com um determinado produto ou serviço.

3 Resultados

Os dados foram organizados com a finalidade de serem inseridos no programa *Ucinet* (versão 6.363) para, além de gerar uma rede de grafos, calcular as medidas de centralidade de cada aeroporto. A rede de grafos dos aeroportos em estudo gerada é apresentada na Fig. 3:

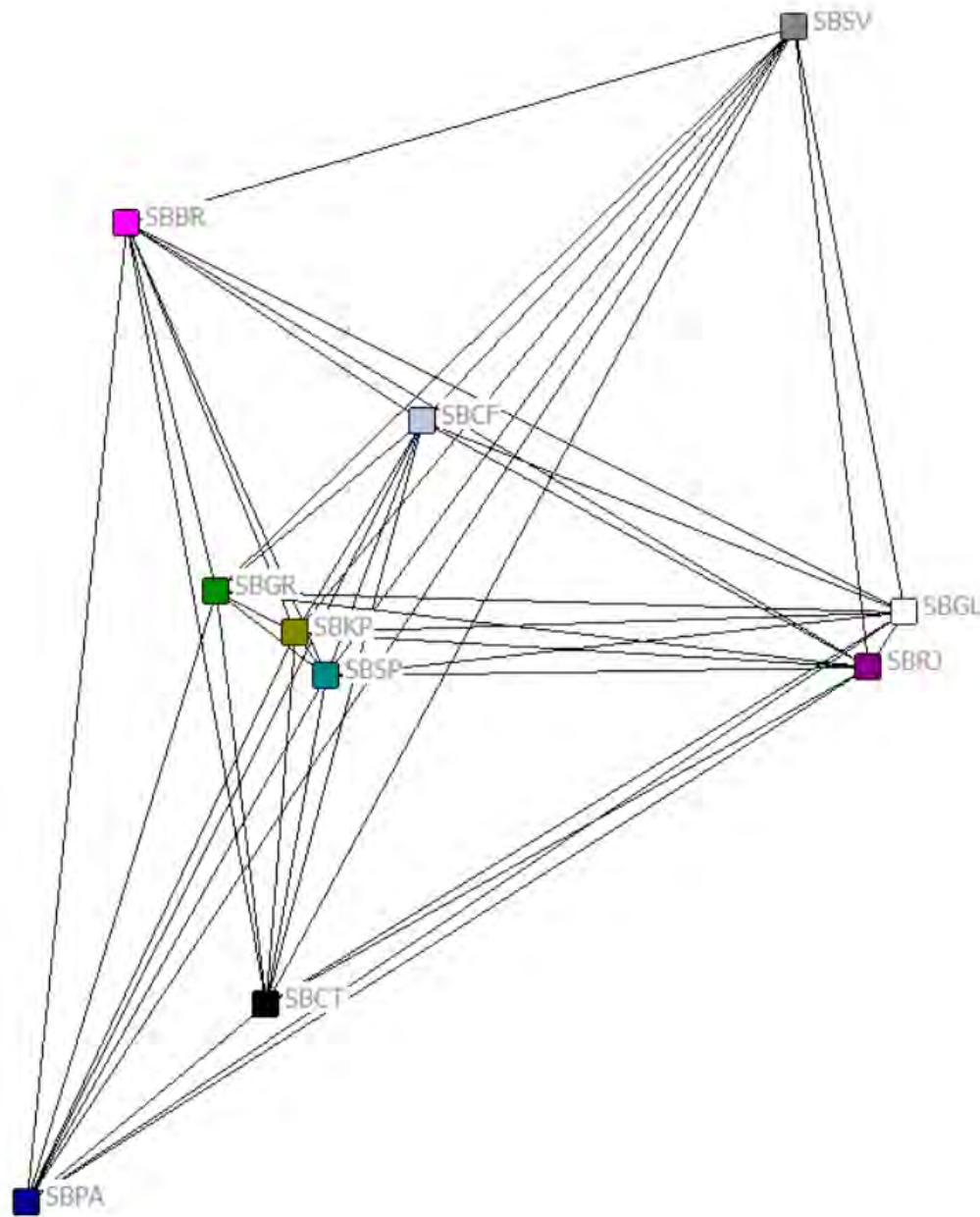


Figura 3 – Rede de grafos gerada pelo programa *Ucinet 6.363*.

Fonte: Os autores (2017).

Na Fig. 3 são indicados os aeroportos por seu código da ICAO e suas interligações, formando um grafo. Como o *Ucinet 6.363* não é um programa georreferenciado, o grafo é gerado com base apenas no módulo da distância entre os vértices, não considerando a orientação dos vértices com relação à demarcação brasileira do território (ou seja, as distâncias geográficas). É a partir deste grafo (Fig. 3) e dos dados fornecidos ao programa (Tabela 1 e Tabela 2) que o programa calcula as medidas de centralidade de proximidade da rede. O resultado destas medidas é apresentado na Tabela 3 em ordem crescente de centralidade para cada aeroporto.



Tabela 3 – Centralidade de proximidade de cada aeroporto.

Colocação	Aeroporto	Centralidade de proximidade ($\times 10^5 \text{m}^{-1}$)
1º	SBGR	20,75989010
2º	SBSP	20,47921360
3º	SBKP	20,21427128
4º	SBGL	18,54255516
5º	SBRJ	18,33852925
6º	SBCF	16,64170411
7º	SBCT	15,02855425
8º	SBBR	11,45606599
9º	SBPA	9,405568096
10º	SBSV	7,696451936

Nota-se pelo resultado do cálculo da centralidade de proximidade que o aeroporto mais centralizado na rede é o aeroporto de Guarulhos. Este seria, portanto, o aeroporto localizado a uma menor distância de todos os outros. Isto é um indicativo de que o mesmo poderia ser utilizado como um ponto eficiente para se construir um centro logístico de abastecimento das outras unidades, ou um ponto de partida de distribuição de itens de transporte emergencial, pois a partir de Guarulhos é que se consegue viajar para todos os outros aeroportos percorrendo o menor caminho. Fatores como combustível, peças de aeronaves, serviços aeroportuários e manutenção, que estão presentes em todo e qualquer aeroporto, poderiam estar estrategicamente localizados próximos ao aeroporto de Guarulhos para conseguir chegar aos demais aeroportos rapidamente.

4 Conclusões

O Brasil possui um vasto território que, no entanto, não se apresenta interligado de forma homogênea em sua totalidade, por vias aéreas. A região Norte, que é a região de maior área do país, é pouco abastecida em termos de movimentos aéreos, não estando nenhum de seus aeroportos contemplados entre os mais movimentados do país. O oposto acontece com o Sudeste brasileiro, onde em uma pequena área se encontra um elevado fluxo de aeronaves. Portanto, são recomendados mais estudos aplicando os métodos de centralidade de grafo na malha aérea do Brasil, a fim de determinar um ponto de conexão eficiente entre o Norte e o Sudeste do país, oferecendo assim, mais alternativas estratégicas.

A medida de centralidade de proximidade certamente não seria, em um caso real, o único parâmetro utilizado para a escolha de um centro logístico para a rede de aeroportos deste estudo. Tal tomada de decisão é bastante complexa e deve considerar diversos outros fatores, tais como a oferta de mão de obra nas cidades vizinhas, interesse municipal e estadual em investimentos na área, taxas de embarque dos aeroportos, disponibilidade de mercado para oferecer o que os aeroportos consomem, espaço disponível para uma a estrutura necessária, custos de operação, isenções fiscais, entre

outros. Entretanto, a distância deste centro logístico com relação aos demais aeroportos é de muita importância e indispensável na análise de sua implantação. E então, o estudo da centralidade de proximidade da rede escolhida se faz necessária. No âmbito da centralidade, outros estudos em aeroportos brasileiros também poderiam ser realizados, seja alterando o tipo de centralidade avaliada, seja alterando o conjunto de aeroportos escolhidos. Os conceitos aqui apresentados poderiam ser aplicados, por exemplo, em uma malha mais abrangente de aeroportos, e cujos resultados poderiam diferir bastante dos que aqui foram alcançados. Adicionalmente, podem ser realizadas análises da mesma rede deste trabalho, porém sob a perspectiva de outras medidas de centralidade, como centralidade de autovetor e centralidade de grau, permitindo observar quais são os fluxos críticos entre os aeroportos e que futuramente poderiam se tornar gargalos logísticos ou acarretar em sobrecarga de operação.

Referências

- [1] HORONJEFF, Robert; MCKELVEY, Francis X. **Planning and design of airports**. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1994, p. 829.
- [2] FREEMAN, L.C. **Centrality in networks: conceptual clarification**. In: Social Networks, v1, p. 215-239, 1978/79.
- [3] AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>>. Acesso em: 19 nov. 2017.
- [4] SERVIÇO DE INFORMAÇÃO AERONÁUTICA. Disponível em: <<https://www.aisweb.aer.mil.br/?i=cartas>>. Acesso em: 19 out. 2017.
- [5] WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: methods and applications**. New York, Cambridge University Press, 1994.
- [6] BRANDÃO, Luana; DEL-VECCHIO, Renata; MELLO, João. Estudos sobre nova medida de centralidade em grafos: a centralidade em camadas, p. 640 – 653. In: Anais do XVIII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha [Blucher Marine Engineering Proceedings, v.2, n.1], São Paulo, 2016.



PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DE VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS AO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS DE CURITIBA

G. M. de O. Belich¹; V. H. Bannach²; P. S. Monteiro³

^{1,2,3} *Universidade Positivo, R. Professor Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300, Campo Comprido, Curitiba/PR*
gabrielbelich@gmail.com¹, vhb_03@hotmail.com², patricia.monteiro@prof.up.edu.br³

Resumo: A proposta conceitual de integração do Veículo Leve Sobre Trilhos (VLT) ao Sistema de Transporte Público de Curitiba visa criar uma forma alternativa e sustentável para usuários da capital paranaense. Para isso, foi escolhida uma linha que atualmente está em estudo pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) para a implantação de um modal elétrico. Esta linha é a Conectora 3, que liga o Terminal Fazendinha a Estação Marechal Floriano Peixoto. Assim sendo, o traçado foi adaptado e compatibilizado com a infraestrutura já existente baseado nas larguras, inclinações e raios das vias seguindo as normas de acessibilidade e especificações da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) e Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU). Para a estimativa de demanda do novo modal proposto, foram realizados estudos em campo de Sobe-Desce e Frequência e Ocupação Visual (FOV) no intuito de verificar o maior movimento e gerar um perfil da linha em estudo para então realizar os dimensionamentos operacionais. Com a definição do tempo de ciclo e da demanda, foi possível definir o modelo compatível do VLT, a frota e os horários de partida em cada ponto.

Palavras-chave: Modal elétrico, Transporte público, Veículo leve sobre trilhos, VLT.

Abstract: This conceptual proposal for integrating the Light Rail Vehicle (LRT) into Curitiba's Public Transportation System aims to create an alternative and sustainable way for users of Paraná's capital. For this, a route previously designed by the Institute of Research and Urban Planning of Curitiba (IPPUC) was chosen for implementation feasibility analysis of an electric transportation technology. This route is Connector 3, which connects Fazendinha Station to Marechal Floriano Peixoto Station. Therefore, the layout was adapted based on local inclinations and paths widths that would allow the passage of a LRT, considering compatibilization with the existing infrastructure. To define operational parameters, demand-forecasting surveys were carried out. Based on these features, a compatible model of a LRT was chosen, and according to its specification, travel times, timetable and corresponding fleet were estimated.

Keywords: Electric transportation technology, Public transportation, Light rail vehicle, LRV, Demand forecast.

1 Introdução

No panorama do Brasil no início do século XX, o país possuía uma complexa malha ferroviária para bondes elétricos e esse era o principal meio de locomoção dos centros urbanos. Após a crise de 1929, o número de migrações da população das lavouras para as cidades aumentou e os sistemas de bondes não conseguiram acompanhar a nova demanda, abrindo espaço para outros tipos de transporte, priorizando o uso privado [1]. Nesse cenário, em Curitiba – PR, os bondinhos são desativados e os ônibus passam a ser utilizados, e é desenvolvida, em 1955, sob gestão do governador do estado Ney Braga, a regulamentação do transporte coletivo e o Decreto 503/55 que permite a concessão das empresas para operação dos ônibus e as lotações da cidade. Dez anos depois, no ano de 1965 na gestão do prefeito Ivo Arzua, foi criado o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC). O propósito do IPPUC era elaborar, coordenar e monitorar o Plano Diretor da cidade que fundamentava um planejamento urbano de crescimento linear e de integração das estruturas físicas e funcionais da cidade sobre o tripé de Transporte Coletivo, Sistema Viário e Uso do solo, no intuito de direcionar o crescimento da capital PMC (2014). No ano de 1970, é introduzido o *Bus Rapid Transit* (BRT), que consiste, segundo [2], em um modo de transporte público sobre pneus veloz e flexível, combinando estações, veículos, serviços, vias e elementos de Sistema Inteligente de Transporte (SIT) em um sistema integrado. Logo os anos se passaram e o sistema de ônibus urbano de Curitiba foi gradualmente melhorado, até alcançar o status de primeiro BRT completo do mundo [3].

Atualmente, de acordo com a empresa que gerencia e planeja a operação do transporte coletivo da capital, Urbanização de Curitiba S/A [4], a frota total de Curitiba é de 1280 ônibus distribuídos em 244 linhas convencionais e 4 estruturais para o transporte de maior volume de passageiros sendo eles: I - Eixo Norte-Sul; II - Eixo Oeste-Leste; III - Eixo Boqueirão e IV - Linha Verde. Cada tipo de linha obedece a uma função na rede integrada de transporte (RIT), permitindo ao usuário a utilização de mais de uma linha de ônibus com o pagamento de apenas uma tarifa. As integrações ocorrem nos terminais, onde o usuário pode desembarcar de uma linha e embarcar em qualquer outra dentro daquele espaço sem necessidade de nova tarifa.

Apesar de todo reconhecimento e avanço que a capital paranaense tem no âmbito do transporte coletivo, organização e planejamento urbano, já se passaram quase cinco décadas desde a implantação dos BRT's e seu sistema de integração, sinalizando hoje, certa saturação [5]. Reconhecendo essas e outras vertentes, a prefeitura atualizou seu Plano Diretor no ano de 2014 com uma das propostas para alinhar o número de passageiros e incentivar o uso do transporte coletivo em Curitiba. A proposta seria a requalificação viária e inserção de um novo modal elétrico nos principais eixos que cortam a capital no sentido Oeste-Leste, chamados de conectores, por ligar a região industrial da cidade aos eixos estruturais existentes complementando e apoiando os mesmos. São avaliadas hoje novas opções elétricas para compor a sua Rede Integrada de Transportes por apresentar menor ruído, ser menos poluente, ter boa aceitação pelos usuários e ainda, segundo [6], por ser um modal de

transporte público que possui certa facilidade de inserção na estrutura viária existente além de bom desempenho de serviço operacional e pelo menos 30 anos de vida útil.

Sendo assim, este trabalho visa desenvolver uma proposta de integração do Veículo Leve Sobre Trilhos (VLT) ao sistema público de transporte de passageiros vigente em Curitiba para a Linha Conectora 3, conforme indicada na Figura 1, por apresentar elevado crescimento populacional frente as outras conectoras, por estar na rota do centro geométrico da capital (Terminal Portão) [7].

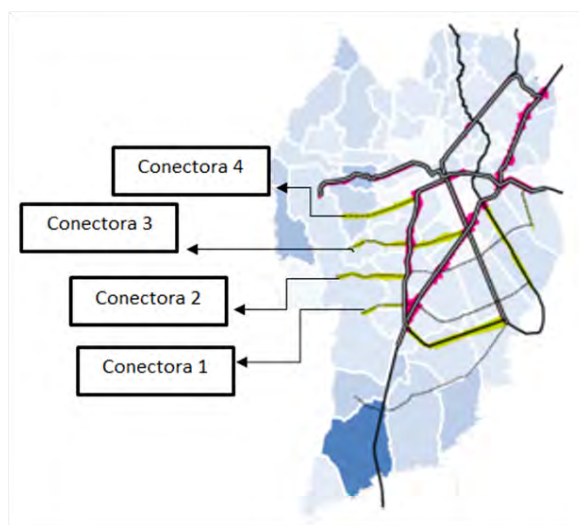


Figura 1 – Vias conectoras em Curitiba PR [8].

2 Metodologia

A primeira etapa incluiu a caracterização da situação atual do transporte público de passageiros em Curitiba: sua estrutura de funcionamento integrado, a frota utilizada, os modelos de veículos bem como suas capacidades e linhas operantes com base nos dados disponibilizados pela URBS. Para isso, e esclarecimentos acerca do planejamento e crescimento urbano de Curitiba, alinhado com o plano diretor e suas diretrizes para os próximos anos, bem como os estudos sobre os eixos conectores da capital, foi realizada uma reunião com o engenheiro civil do setor de mobilidade urbana do IP-PUC, José Álvaro Twardowski. Com base nestas discussões, foi definida a Conectora 3 (Fazendinha-Portão-Marechal) para o desenvolvimento deste projeto.

2.1 Características de infraestrutura e traçado

O traçado da linha para a inserção do VLT foi elaborado baseado nas áreas de atendimento da Conectora 3 e seus principais pontos de referência a serem ligados, esquematizados na Figura 2. Nessa fase foram utilizadas ferramentas como o mapa de arruamento digital da capital e imagens de satélite do Google Maps, além de idas a campo para melhor acompanhamento visual. O referencial

teórico adotado para a pré-seleção das vias se baseou nas dimensões (largura, comprimento, raios e inclinações) e normas da ANPT e NBR 9050:2015 [9]. Nesse estágio de conhecimento e análise das vias, apenas as que tiveram largura maior ou igual a 6,50 metros foram cogitadas a receber a infraestrutura do VLT.



Figura 2 – Pontos de referências a serem conectados.

2.1.1 Larguras e comprimentos

Para a análise e predefinição das vias a serem escolhidas para a infraestrutura do modal, foram consideradas vias duplas de VLT para todo traçado, ou seja, foram necessárias que todas elas possuíssem pelo menos 6,50 metros de largura e passeios de pelo menos 2,40 metros sendo 1,20 metros para cada lado. Esse método levou em conta a pior condição da via: trecho sem estação de parada e sem tráfego misto de veículos no intuito de verificar a necessidade de vias distintas para sua infraestrutura. Foram definidas as vias aptas a receberem o modal quanto a largura e para representar isso, posteriormente realizadas em AutoCAD as principais seções, respeitando as dimensões normativas e indicando as possíveis requalificações viárias necessárias.

2.1.2 Raios

Os raios de curvas foram medidos através do mapa digital de arruamento de Curitiba, verificado se atende aos 20 metros de raio necessários à viabilidade técnica de implantação do VLT, como demonstra a Figura 3.



Figura 3 – Raio mínimo de curvatura para VLT's [10].

2.1.3 Declividades

Após a verificação do porte das vias, foi realizada a verificação da altimetria e declividades máximas. Utilizando o mapa de curvas de nível, foram calculadas as inclinações a cada intervalo máximo de 150 metros de distância no intuito de respeitar a declividade máxima de 7% suportada pelo VLT. Quando presentes curvas ou um grande desnível em um intervalo menor que 150 metros, as distâncias entre estacas foram reduzidas para o cálculo da inclinação.

2.2 Dados de demanda

A partir do traçado definido e dos estudos preliminares de demanda das linhas de ônibus operantes entre os terminais Fazendinha e Portão (ambos presentes na Conectora 3) disponibilizados pela URBS, foram analisados trechos das linhas Interbairros V e Circular Sul para a estimativa de usuários do VLT em um dia útil por atenderem a região de interesse. Os dados de demanda disponíveis referiam-se aos itinerários totais das linhas mencionadas; para uma melhor aproximação das reais condições operacionais, foram realizadas (também nessas linhas, mas nos trechos de interesse) pesquisas de campo do tipo Sobe-Desce e Frequência e Ocupação Visual (FOV) para estimativa de demanda. A Figura 4 indica os trechos de interesse das linhas Interbairros V e Circular Sul.

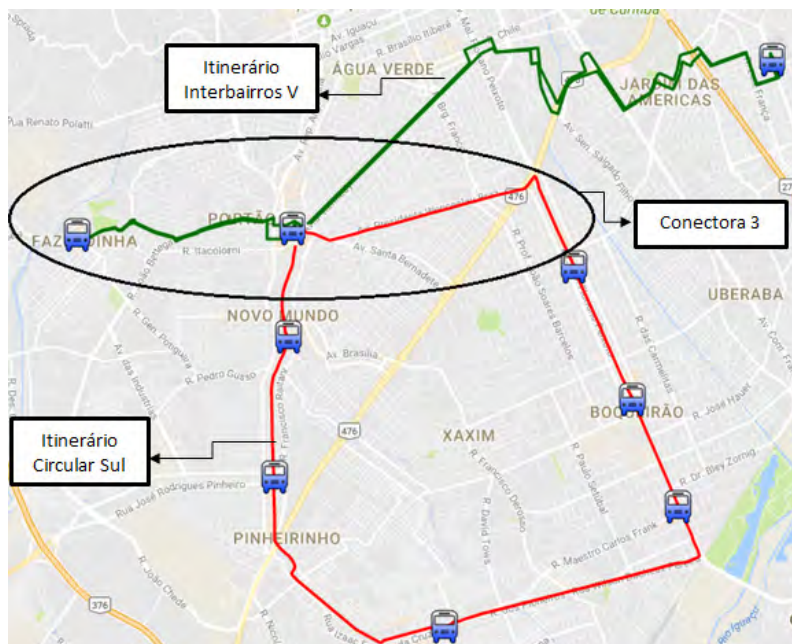


Figura 4 – Linhas Interbairros V e Circular Sul e segmento Conectora 3

2.2.1 Pesquisa Sobe-Desce

Visando identificar o ponto de maior movimento das linhas Interbairros V e Circular sul, foi feita a contagem do número de usuários que realizaram o embarque e o desembarque em cada ponto de parada. A pesquisa foi realizada no dia 25 de agosto de 2017 no período da manhã. Ao identificar o ponto de maior movimento no trajeto percorrido, realizou-se, neste local, pesquisa de Frequência e Observação Visual para estabelecimento de previsão de demanda.

2.2.2 Pesquisa de Frequência e Ocupação Visual (FOV)

No ponto admitido com maior movimento, na interseção com a rua Arthur Mohr foi realizada a pesquisa de Frequência e Ocupação Visual (FOV). Esta pesquisa visou classificar o nível de ocupação dos ônibus durante todo o horário de funcionamento das linhas Interbairros V e PUC-Fazendinha. Os níveis de ocupação foram classificados em 6 faixas sendo o nível 0 para 0 passageiros a bordo e o nível 5 para 140 passageiros a bordo, de acordo com a capacidade máxima prevista pela URBS para modelos de ônibus articulados. A pesquisa foi realizada no dia 29 de agosto de 2017 das 06:00 horas da manhã até as 22:45 horas.

Os dados coletados foram dispostos em intervalos de uma hora de maneira a ser obtido o número de passageiros por hora por sentido e assim, traçado o perfil de demanda da linha em estudo durante um dia útil.



2.3 Características operacionais do VLT

O cálculo para a obtenção das características operacionais foi definido após a escolha do modelo de VLT Citadis da marca Alstom por possuir fabricação brasileira, capacidade modular, ser bidirecional (cabine nas duas extremidades) e atender as normas técnicas da CBTU. A máxima aceleração e máxima frenagem foram adotadas conforme as especificações do modelo sendo neste caso, $1,3 \text{ m/s}^2$ e $1,2 \text{ m/s}^2$, respectivamente.

2.3.1 Distância das estações

Utilizando novamente o mapa de arruamento da capital em conjunto com as recomendações de distanciamento de [11], além das idas a campo para a verificação do porte dos passeios, vias e suas possíveis potencialidades em acordo com a norma ABNT NBR 9050:2015 para o recebimento das estações em nível, foram definidos os pontos de parada do VLT.

2.3.2 Tempo de ciclo

A partir da definição do modelo do VLT, bem como suas respectivas especificações, foi calculado o tempo e a distância de aceleração e frenagem, tempo e distância percorrida na velocidade de cruzeiro e tempo e distância de parada para cada estação, obtendo-se assim, pela soma dos tempos entre pontos de parada, o tempo de ciclo do VLT.

3 Resultados

O traçado final do VLT para inserção no segmento Conectora 3 totaliza 7,625 km de extensão ligando os terminais Fazendinha, Portão e Estação Tubo Marechal Floriano Peixoto. O itinerário do modal sobre trilhos foi proposto para as seguintes vias nos dois sentidos: Rua Carlos Klemtz, Rua Itatiaia, Avenida Presidente Kennedy, Rua Wilson de França, Avenida Santa Bernadete, Avenida Presidente Wenceslau Braz e BR-476. As paradas ao longo do itinerário foram distanciadas entre si de modo a atender as normas previstas para o bom funcionamento do modal e ainda, em locais onde a implantação das estações em nível tivesse espaço necessário sem a necessidade de grandes requalificações viárias. O trecho situado nas ruas Carlos Klemtz e Itatiaia foi proposto considerando via compartilhada entre o VLT (mão dupla) e veículos de uso privado (mão única). Na avaliação do eixo de projeto, a curvatura crítica está localizada na rotatória da Rua Carlos Klemtz, com 60,4 metros, superior aos 20 metros mínimos.

Na avaliação da altimetria viária, foram detectadas inclinações de 11,43% e 10,39%, as quais não atendem a tolerância (a inclinação máxima permitida é de 7% em distâncias de 150 metros para o funcionamento do VLT). No entanto, para o funcionamento do sistema e por estar localizada na

Avenida Presidente Wenceslau Braz e a mesma possuir um largo canteiro plano na região central da rua (ao lado da região crítica), a solução adotada para que o VLT inclui leve desvio do modal para esse canteiro nesse trecho. A Figura 5 mostra o perfil altimétrico do traçado com seu trecho crítico destacado em vermelho.

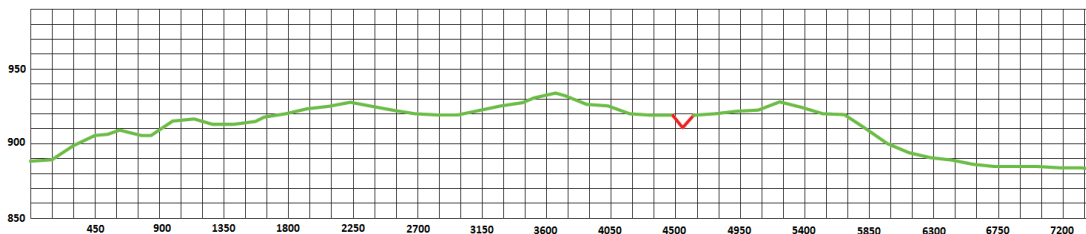


Figura 5 – Perfil altimétrico do traçado proposto.

As pesquisas de sobe-desce e FOV (frequência e observação visual) possibilitaram a estimativa do perfil da demanda, apresentado na Figura 6 a partir da qual se estabeleceu o dimensionamento operacional do modal.

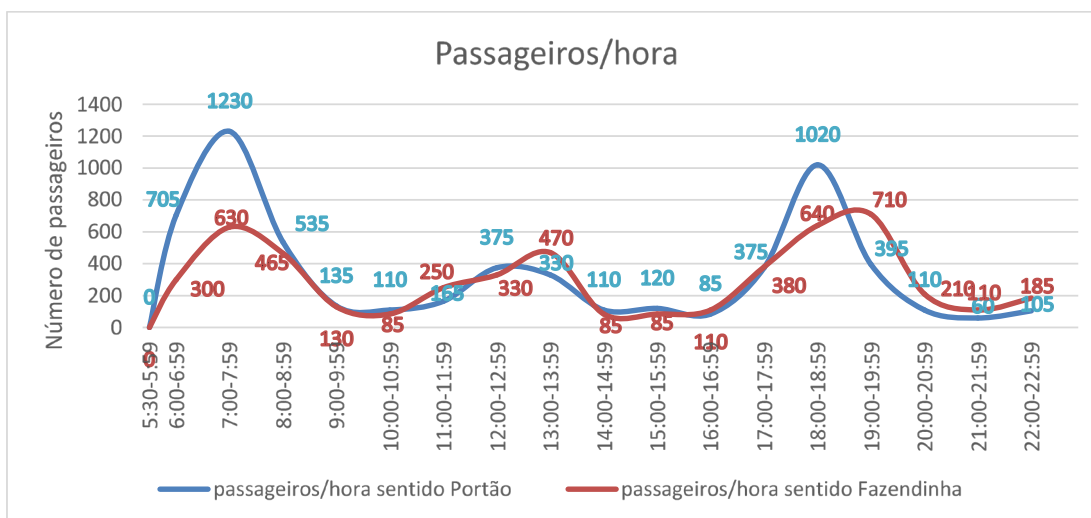


Figura 6 – Perfil de passageiros por hora no ponto de maior movimento.

O tempo de ciclo tomou como base as características técnicas do veículo Citadis da marca Alstom sendo sua capacidade, comprimento, largura, aceleração e frenagem dispostos na Tabela 1 resumida a partir do catálogo da marca.



Tabela 1 – Configurações dos veículos Citadis da Alstom.

Comprimento (m)	Largura (m)	Capacidade (passageiros)	Aceleração (m/s²)	Frenagem (m/s²)
32,20	2,40	200	1,30	1,20

Da demanda estimada, foi estabelecida a oferta; tomando como base a capacidade dos veículos, foi definido o número de viagens por hora, o que permitiu a definição dos tempos de ciclo para cada situação. Dessas condições, associadas à extensão do traçado, de 7,625 km (15,250 km, nos dois sentidos), estima-se a velocidade média dos VLTs (compatíveis com as condições de aceleração e frenagem, função da presença das estações, bem como sua velocidade cruzeiro, admitida como 25 km/h). Estes dados encontram-se resumidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo tempo de ciclo VLT'S.

VLTs por hora	Tempo de Ciclo	Velocidade média (km/h)
5	00:47:01	19,46
6	01:00:14	15,19
7	01:02:15	14,70

4 Conclusões

Tendo em vista os aspectos abordados na proposta de integração do VLT ao sistema de transporte público de Curitiba na Conectora 3, como as questões de infraestrutura do traçado e condições de operação do sistema desde a velocidade, capacidade, frequência e tempo de ciclo do modal, até a definição do fabricante e das possíveis integrações com o sistema existente, pôde-se considerar vantagens e desvantagens.

Nas questões de infraestrutura, onde foram analisadas o porte das vias, suas capacidades, declividades máximas e ainda os raios de curva obedecendo as normas de acessibilidade, plano Diretor e condições técnicas da Associação Nacional de Transportes Públicos, ocorreram pontos críticos que podem ser considerados chaves na proposta. Enquanto a verificação dos raios de curva passaram nas verificações sem maiores adaptações, a declividade passou da máxima permitida (7%) em um dos pontos do traçado que aproveitariam a infraestrutura existente. Porém, para viabilidade do sistema, pode ser proposto um desvio e novas requalificações como solução do problema.

Para o funcionamento operacional do sistema, foi definido o VLT modelo Citadis da marca Alstom por possuir fábrica localizada em Taubaté – São Paulo e pelo modelo ser o mesmo utilizado no Rio de Janeiro. Com as especificações técnicas definidas a partir do modelo escolhido e ainda, com os dados de campo realizados na pesquisa Sobe-Desce e FOV para a determinação do comportamento da demanda de usuários que se deslocam pela conectora, foi possível dimensionar a frota de 5 veículos circulando e 1 veículo reserva, as condições de operação e ainda, pontos de superdi-

mencionamento devido a variação do comportamento de demanda em horários alternativos com tempo de espera atrativo para os usuários, resultando em uma possível desvantagem na decisão final da implantação do modal.

Nesse cenário, apesar do superdimensionamento inicial em algumas horas do dia, o novo sistema além de conectar-se aos principais eixos existentes da capital, poderia induzir os usuários da região a optar pelo novo modelo de transporte principalmente pelo conforto e pelo fácil acesso em superfície.

Agradecimentos

Somos gratos ao engenheiro José Álvaro Twardowski e equipe do IPPUC, pela presteza e disposição de atendimento.

Referências

- [1] CARVALHO, L. “Governo Juscelino Kubitschek”; Brasil Escola, 2014. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/historiab/juscelino-kubitschek.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- [2] LEVINSON, H.; ZIMMERMAN, S.; CLINGER, J.; GAST, J.; RUTHERFORD, S.; BRUHN, E.; **Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines**. Transit Cooperative Research Program: Report 90, Washington, DC, USA, 2003.
- [3] LINDAU, L.A.; HIDALGO, D.; FACCHINI, D. **Curitiba, the Cradle of Bus Rapid Transit**. Built Environment – Volume: 36 I Issue: 3 I Pages: 274-282, 2010.
- [4] URBS S/A. Urbanização de Curitiba S/A. Disponível em: <<https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte>> Acesso em: 29 maio 2017.
- [5] ULBRICH, G. **O que mudou nas cidades brasileiras que implantaram o VLT? | Futuro das Cidades | Gazeta do Povo**. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/futuro-das-cidades/o-que-mudou-nas-cidades-brasileiras-que-implantaram-o-vlt-f3baauxpudqeaqfdrsysopfw>>. Acesso em: 13 abr. 2017.
- [6] BERNARDES, F. F.; MESQUITA, A. P.; **Veículos Leves Sobre Trilhos no Brasil: Análise Metodológica e Estudo de Caso – Fortaleza e Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Instituto de Geografia. Uberlândia, 2014.
- [7] IPPUC. **Primeiro plano diretor de Curitiba é da década de 1960 - Prefeitura de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/primeiro-plano-diretor-de-curitiba-e-da-decada-de-1960/32276>>. Acesso em: 26 mar. 2017.
- [8] AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA PREFEITURA DE CURITIBA. **Destaques do Plano Diretor 2015 - Prefeitura de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/destaques-do-plano-diretor-2015/38591>>. Acesso em: 6 jun. 2017.
- [9] ABNT NBR 9050/2015: **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**.
- [10] ANPT - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS; MINISTÉRIO DAS CIDADES; SECRETARIA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA; WRI BRASIL. **Caderno Técnico para Projetos de Mobilidade Urbana: Veículo Leve sobre Trilhos**. Rio de Janeiro, 2016
- [11] LERNER, Jaime. **Avaliação Comparativa das Modalidades de transporte Público Urbano**. Solicitação da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), Curitiba, PR. Julho de 2009.

Resumos Expandidos



ESTUDO DO POTENCIAL DE FISSURAS EM QUINAS MULTIMATERIAIS TÍPICAS DE OAES

F. F. Fornazari¹; D. F. Vicentini²

^{1,2} Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210, Jd. das Américas, Curitiba/PR
CEP 81530-000

*filipe.fornazari@ufpr.br*¹, *vicentini@ufpr.br*²

Resumo: A fissuração é um defeito comum em quinas multimateriais de Obras de Arte Especiais, mas cujo processo de iniciação não é profundamente conhecido. Neste trabalho, esse fenômeno será estudado segundo conceitos da Mecânica da Fratura, utilizando-se de uma linguagem de programação, para cálculo dos Fatores de Intensidade de Tensão Generalizados, e da modelagem e simulação do problema em um *software* em Elementos Finitos. Espera-se que os resultados contribuam à compreensão do tema.

Palavras-chave: Obras de arte especiais, Fissuração, Mecânica da fratura.

1 Introdução

As Obras de Arte Especiais (OAEs) são dispositivos viários de grande importância e cuja manutenção é, portanto, uma prática essencial para garantir a operação continuada das vias. Nesse sentido, as interações multimateriais existentes nesses dispositivos, que representam áreas sensíveis à incidência de diversas manifestações patológicas, demandam uma atenção especial.

Nessas interações, a ocorrência de fissuração pode funcionar como partida ao desenvolvimento de problemas mais graves. Não obstante, os processos pelos quais esse defeito se inicia e se propaga não são profundamente conhecidos. Desse modo, a aplicação de conceitos da Mecânica da Fratura Elástica Linear (MFEL), especialmente através do estudo dos Fatores de Intensidade de Tensão Generalizados (FITG) associados ao problema, pode fornecer contribuições importantes ao estudo do tema.

2 Metodologia

O método de pesquisa empregado consiste, inicialmente, na revisão da literatura disponível sobre o tema e na definição das geometrias de quinas multimateriais de OAEs de interesse ao estudo. Para estas, a análise consistirá da extração dos FITG, utilizando uma linguagem de programação apropriada, e da modelagem e simulação do problema em *software* em Elementos Finitos. Os resultados obtidos serão comparados com exemplos da literatura para calibração do método e validação das observações.

As geometrias das interações multimateriais já estudadas foram divididas entre as referentes à área de transição das OAEs e as referentes às juntas de dilatação. A Figura 1 apresenta um exemplo de geometria da segunda categoria.

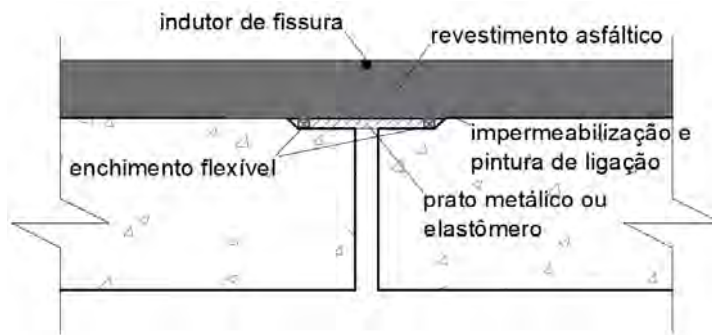


Figura 1 – Exemplo de Geometria de Junta de Dilatação. Adaptado de [1] e [2].

3 Resultados esperados

Espera-se que a obtenção dos FITG para as quinas multimateriais em estudo permita a compreensão de mecanismos de propagação de fissuras nessas áreas, propiciando o desenvolvimento futuro de técnicas de combate a esse defeito.

Referências

- [1] LIMA, J. M.; BRITO, J. Inspection survey of 150 expansion joints in road bridges. **Engineering Structures**, 31, p. 1077-1084, 2009.
- [2] BRIDGE JOINT ASSOCIATION. **Current Practice Sheet**. Chesterfield (Reino Unido), 2003.



RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO E A MACROTEXTURA SUPERFICIAL DAS RODOVIAS PARANAENSES

A. E. da Silva¹; B. H. Moraes²; K. R. Mendes³; J. Villena⁴

^{1,2,3,4}Universidade Federal do Paraná, Rua Evaristo F. F. da Costa, 418, Jd. das Américas, Curitiba/PR
CEP 80050-540

*alineeskelsen@gmail.com*¹, *bnohmoraes@gmail.com*², *karinamendesmail@gmail.com*³, *joevillena@gmail.com*⁴

Resumo: A macrotextura dos pavimentos pode ser definida como as asperezas superficiais causadas pelos agregados aparentes. Quanto mais grosseira a macrotextura maior é a capacidade de escoamento superficial da água e maior é a segurança do motorista no controle do veículo quando o mesmo se desloca a altas velocidades e em condições de pista molhada. Desta forma, a melhora da macrotextura do pavimento é uma alternativa para evitar acidentes de trânsito nas rodovias.

Palavras-chave: Macrotextura de pavimentos, acidentes de trânsito, ensaio de mancha de areia)

1 Introdução

Segundo [1], os acidentes de trânsito no Brasil matam cerca de 45 mil hab/ano, sendo que estes acidentes tem um custo de aproximadamente R\$ 50 bilhões/ano aos cofres públicos. No Estado do Paraná, a média desse custo entre 2005 e 2014 foi de 3.263,46 milhões por ano, com a taxa de mortalidade média de 30,46 por 100 mil hab. nesse mesmo período [2]. A segurança nas rodovias também está ligada à qualidade da textura superficial dos pavimentos. Em condições de chuva, as superfícies muito lisas permitem o acúmulo de uma lâmina de água sobre o pavimento causando a perda da aderência da borracha dos pneus com o pavimento. Devido à perda de aderência, os veículos podem aquaplanar e causar acidentes. A macrotextura da superfície é responsável pela aderência do pneu com o pavimento, principalmente, em velocidades acima de 50 km/h e em condições de pista molhada [3]. O objetivo deste trabalho é analisar a influência da macrotextura dos pavimentos nos acidentes de trânsito em rodovias paranaenses.

2 Metodologia

Levantamento de dados dos índices de acidentes em rodovias do Paraná para classificação dos pontos críticos (correlacionando o fluxo de veículos com a quantidade de acidentes), assim definindo quais os tipos de rodovias que serão analisadas; avaliação da macrotextura da superfície do pavimento, a partir do ensaio de mancha de areia (ASTM D965-96) e drenabilidade (ASTM E2380-05); análise dos dados obtidos e correlação com índices de acidentes de trânsito e velocidades das rodovias.

3 Resultados esperados/Conclusões

Espera-se obter uma correlação entre a macrotextura, velocidade máxima e o número de acidentes nos pontos críticos analisados. Por fim, com os dados obtidos no ensaios uma velocidade máxima poderá ser sugerida para as rodovias.

Referências

- [1] ULBRICH, G. **Acidentes de trânsito podem custar mais de R\$ 50 bilhões a sociedade**. Curitiba: Jornal Tribuna, 2017. Disponível em: <<http://www.tribunapr.com.br/noticias/brasil/acidentes-de-transito-podem-custar-mais-de-r-50-bilhoes-sociedade/>> Acesso em: 25 out. 2017.
- [2] OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Gráfico – Acidentes**. Disponível em: <<http://iris.onsv.org.br/iris-beta/#/stats/maps>>. Acesso em: 25 out. 2017.
- [3] COZER, F. A.; WRUBLACK, T. **Análise funcional do pavimento em pontos críticos de acidentes na rodovia PR-483 entre Francisco Beltrão e Ampére (PR)**. Pato Branco: Ed. UTFPR, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4874/1/PB_COECI_2015_1_01.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017.



USO DE ACELERÔMETROS PARA A AVALIAÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

D. R. Bisconsini¹; J. L. Fernandes Júnior²

Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC-USP), Departamento de Engenharia de Transportes, Avenida Trabalhador são-carlense, 400, São Carlos, SP. Tel: 55-16-3373-9601. Fax: 55-16-3373-9602, danilorbisconsini@usp.br¹, leomar@sc.usp.br²

Resumo: A busca por sistemas alternativos aplicáveis a um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) em nível de rede, nos quais as informações precisam ser mais simples a fim de reduzir os custos dispendidos e permitir sua coleta em uma frequência maior, é de extrema importância. Neste estudo, pretende-se investigar a variação de sinais de aceleração vertical, brutos e processados, obtidos por acelerômetros convencionais e de *smartphones*, em diversas posições de um veículo, deslocando-se com diferentes velocidades e sob trechos de pavimentos com diferentes níveis de irregularidade. A partir dos resultados, será realizado um comparativo dessas medidas com valores de IRI (*International Roughness Index*) obtidos em procedimentos de referência, como no método de Nível e Mira e de perfilômetro inercial a laser. Espera-se que, com um controle adequado, métricas obtidas a partir desses dados possam contribuir como um indicativo da condição de pavimentos, com eficácia e custo reduzido.

Palavras-chave: Gerência de pavimentos, Acelerômetros, Dispositivos móveis.

1 Introdução

A qualidade de rolamento de um pavimento é percebida pelos usuários, predominantemente, a partir da aceleração vertical sentida durante uma viagem dentro de um veículo [1]. Os acelerômetros começaram a ser utilizados para a avaliação da irregularidade em perfilômetros inerciais. Hoje, com seu uso em larga escala e instalação em dispositivos móveis, cresce o número de pesquisas que propõem métricas para a avaliação com tais aparelhos, a fim de reduzir custos em levantamentos.

2 Metodologia

Neste estudo, será investigada a aplicação de sinais de aceleração verticais, fornecidos por acelerômetros industriais com aqueles instalados em *smartphones*, para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos. Para isso, serão avaliadas diferentes métricas possíveis para a estimativa desse defeito a partir de acelerações medidas, tanto como dados brutos quanto dados obtidos a partir da aplicação de técnicas de processamento digital. Pretende-se analisar diferentes cenários de coleta, com a instalação de sensores em diferentes posições de um veículo, deslocando-se em diferentes velocidades e sobre trechos de pavimentos com diferentes níveis de irregularidade. Os resultados serão verificados a partir de um comparativo das métricas de aceleração com valores de IRI obtidos por equipamentos de referência, como o Nível e Mira e o perfilômetro inercial a laser. O principal

objetivo do estudo é obter subsídios para o desenvolvimento de um sistema de medição de IRI eficaz e de baixo custo. Pode-se resumir as etapas da pesquisa como: (1) aplicação de fundamentos de uso de acelerômetros para a obtenção do IRI; (2) análise da relação entre a variação da acelerações obtidas a partir de acelerômetros convencionais com aqueles fornecidos por *smartphones*; (3) comparativo entre as métricas de aceleração obtidas com o IRI medido a partir de métodos de referência; (4) desenvolvimento de um sistema de medição baseado no uso acelerômetros, convencionais e de *smartphones*.

3 Resultados esperados

Espera-se que os resultados obtidos possam servir como uma contribuição na busca por métodos alternativos para a o monitoramento de pavimentos, por meio de dados fornecidos por diferentes dispositivos, com foco na alimentação de sistemas de gerência de pavimentos em nível de rede.

Referências

[1] HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. (1994) **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.



DIAGNÓSTICO DA MORTALIDADE DE PEDESTRES NOS ESTADOS BRASILEIROS: EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE MORTES

G. P. Caldeira¹; B. P. Branco^{1,2}; J. T. Bastos^{1,3}

¹ Universidade Federal do Paraná, Rua Evaristo F. F. da Costa, 418, Jd. das Américas, Curitiba/PR

² Observatório Nacional de Segurança Viária, R. 9 de Julho, 1953, Vila Georgina, Indaiatuba
gabrielcaldeira@ufpr.br¹, beatriz.branco@onsv.org.br², jtbastos@ufpr.br³

Resumo: Dado o cenário de mortalidade no trânsito com uma elevada participação dos pedestres do total de mortes no trânsito no Brasil, esta pesquisa tem por objetivo analisar esta situação e construir um diagnóstico da mortalidade de pedestres nos estados brasileiros, com destaque para os contrastes regionais em relação à evolução das taxas de mortes. Destacam-se as reduções substanciais em praticamente todos os estados da taxa de mortes de pedestres por 10 mil veículos, o que está em grande parte associado ao elevado aumento da frota de veículos no período 2000-2015.

Palavras-chave: Pedestres, Mortalidade, Estados brasileiros.

1 Introdução

No meio urbano brasileiro as condições de circulação dos pedestres são, em geral, precárias e não há uma rede de transporte a pé com níveis adequados de segurança e conveniência [1], apesar das viagens a pé representarem 36,5% das viagens realizadas nas cidades em 2014 [2].

2 Metodologia

A metodologia incluiu a coleta de dados secundários estaduais no período 2000-2015 referentes a vítimas fatais em atropelamentos (DATASUS) [3], frota de veículos (DENATRAN) [4] e a população (IBGE) [5] e posterior análise comparativa dos dados.

3 Resultados esperados/Conclusões

Para a análise da série histórica nos estados em relação ao número de óbitos de pedestres e à taxa de óbitos de pedestres por 100 mil habitantes, destacam-se os estados com elevadas reduções no período 2000-2015 (BA, DF, ES e RJ) e os estados com grandes aumentos (MA, PA, PI e RO). Em relação à série histórica da taxa de óbitos de pedestres por 10 mil veículos, observou-se reduções substanciais em praticamente todos os estados, o que está em grande parte associado ao elevado aumento da frota de veículos no período 2000-2015. Na comparação entre os anos de 2000 e 2015, todos os estados apresentaram redução na participação dos pedestres no total de óbitos. Merecem destaque as reduções verificadas nos seguintes estados: AP, MA, MS, PI e RJ.

Referências

- [1] GOLD, Philip (Brasil). **Qualidade de Calçadas no Município de São Paulo**. São Paulo: Gold Projects, 2004.
- [2] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP) (Brasil) (Org.). **Relatório Geral 2014**. São Paulo, 2016. 96 p.
- [3] BRASIL. Ministério da Saúde. Sistemas de Informações de Mortalidade - DATASUS. **Mortes por causas externas no período 2000-2015**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- [4] BRASIL. Ministério das Cidades. Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN. **Frota de veículos no período 2000-2015**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- [5] BRASIL. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **População no Brasil de 2000-2015**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao>>. Acesso em: 10 ago. 2017.



DIAGNÓSTICO DA MORTALIDADE DE PEDESTRES NOS ESTADOS BRASILEIROS: ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

G. P. Caldeira¹; B. P. Branco^{1,2}; J. T. Bastos^{1,3}

¹ Universidade Federal do Paraná, Rua Evaristo F. F. da Costa, 418, Jd. das Américas, Curitiba/PR

² Observatório Nacional de Segurança Viária, R. 9 de Julho, 1953, Vila Georgina, Indaiatuba
gabrielcaldeira@ufpr.br¹, beatriz.branco@onsv.org.br², jtbastos@ufpr.br³

Resumo: Dado o cenário de mortalidade no trânsito com uma elevada participação dos pedestres do total de mortes no trânsito no Brasil, esta pesquisa tem por objetivo analisar esta situação e construir um diagnóstico da mortalidade de pedestres nos estados brasileiros, com destaque para os contrastes regionais em relação aos aspectos demográficos. Destacam-se as maiores taxas de mortes de pedestres nas faixas etárias entre 20 e 29 anos e 60 anos ou mais.

Palavras-chave: Pedestres, Mortalidade, Estados brasileiros.

1 Introdução

No meio urbano brasileiro as condições de circulação dos pedestres são, em geral, precárias e não há uma rede de transporte a pé com níveis adequados de segurança e conveniência [1; 2]. As viagens a pé em 2014 representaram 36,5% das viagens realizadas nas cidades [3] – o que leva a necessidade de construir um diagnóstico da mortalidade em âmbito estadual.

2 Metodologia

A metodologia incluiu a coleta de dados secundários estaduais no período 2000-2015 referentes a vítimas fatais em atropelamentos (DATASUS) [4] e a população (IBGE) [5] e posterior análise comparativa dos dados.

3 Resultados esperados/Conclusões

A partir da análise da taxa de óbitos de pedestres por 100 mil habitantes conforme faixa etária destacam-se os estados com elevadas taxas para a faixa etária dos 20 aos 29 anos (AL, ES, MA, MG, PB, PE, PR, RJ, RS e SP) e os estados com elevadas taxas para a faixa dos 60 anos ou mais (CE, GO, MG, PE, PR, RJ, RS, SE, SP e TO, com destaque para AC, AM, DF, PA, RO e RR). A elevada taxa para as faixas de 60 anos ou mais e de 20 a 29 anos é uma característica comum para a maioria dos estados, muito provavelmente devido aos comportamentos de risco mais recorrentes na faixa mais jovem anos e à maior vulnerabilidade associada aos usuários idosos. A taxa de óbitos de pedestres

por 100 mil habitantes é de aproximadamente 4 a 6 vezes superior para os homens em relação às mulheres.

Referências

- [1] GOLD, Philip (Brasil). **Qualidade de Calçadas no Município de São Paulo**. São Paulo: Gold Projects, 2004.
- [2] VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Políticas de Transporte no Brasil: A construção da mobilidade excludente**. Barueri: Manole, 2014. 289 p.
- [3] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP) (Brasil) (Org.). **Relatório Geral 2014**. São Paulo, 2016. 96 p.
- [4] BRASIL. Ministério da Saúde. Sistemas de Informações de Mortalidade - DATASUS. **Mortes por causas externas no período 2000-2015**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- [5] BRASIL. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **População no Brasil de 2000-2015**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao>>. Acesso em: 10 ago. 2017.



DIAGNÓSTICO DA MORTALIDADE DE PEDESTRES NOS ESTADOS BRASILEIROS: MODO DE TRANSPORTE

G. P. Caldeira¹; B. P. Branco^{1,2}; J. T. Bastos^{1,3}

¹ Universidade Federal do Paraná, Rua Evaristo F. F. da Costa, 418, Jd. das Américas, Curitiba/PR

² Observatório Nacional de Segurança Viária, R. 9 de Julho, 1953, Vila Georgina, Indaiatuba
gabrielcaldeira@ufpr.br¹, beatriz.branco@onsv.org.br², jtbastos@ufpr.br³

Resumo: Dado o cenário de mortalidade no trânsito com uma elevada participação dos pedestres do total de mortes no trânsito no Brasil, esta pesquisa tem por objetivo analisar esta situação e construir um diagnóstico da mortalidade de pedestres nos estados brasileiros, com destaque para os contrastes regionais em relação ao veículo envolvido no atropelamento. Destacam-se duas categorias de veículos envolvidos nos atropelamentos: motocicleta no AC, AP e PI; e automóvel no AP, DF, GO, MS e RR.

Palavras-chave: Pedestres, Mortalidade, Estados brasileiros.

1 Introdução

As condições de circulação para o pedestre no meio urbano são, em geral, precárias e não há uma rede de transporte a pé que garanta um nível de segurança e conveniência adequados [1; 2]. As viagens realizadas a pé representaram 36,5% das viagens nas cidades em 2014 [3] – o que leva à necessidade de um diagnóstico da mortalidade dos pedestres nos estados.

2 Metodologia

A metodologia incluiu a coleta de dados secundários estaduais no período 2000-2015 referentes a mortes em atropelamentos (DATASUS) [4] e frota de veículos (DENATRAN) [5] e posterior análise comparativa dos dados.

3 Resultados esperados/Conclusões

Em relação ao veículo envolvido no atropelamento, tem-se que no ano 2000 havia uma grande proporção de óbitos no qual o veículo “atropelador” foi classificado como “outros/não identificado” – em média, em 86% dos casos. No ano de 2015 houve uma redução da média nacional deste valor para 56%, o que viabilizou a realização das análises para os estados do AC, AP, DF, GO, MS, PI e RR, que apresentaram proporções de óbitos com o veículo envolvido no atropelamento classificado como “outros/não identificado” abaixo de 30%. Dessa forma, duas categorias de veículos envolvidos nos atropelamentos sobressaem-se: motocicleta nos estados do AC, AP e PI – em média igual a 36%

de participação; e automóvel nos estados do AP, DF, GO, MS e RR – em média igual a 38% de participação.

Referências

- [1] GOLD, Philip (Brasil). **Qualidade de Calçadas no Município de São Paulo**. São Paulo: Gold Projects, 2004.
- [2] VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Políticas de Transporte no Brasil: A construção da mobilidade excludente**. Barueri: Manole, 2014. 289 p.
- [3] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP) (Brasil) (Org.). **Relatório Geral 2014**. São Paulo, 2016. 96 p.
- [4] BRASIL. Ministério da Saúde. Sistemas de Informações de Mortalidade - DATASUS. **Mortes por causas externas no período 2000-2015**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS>>. Acesso em: 10 ago. 2017.
- [5] BRASIL. Ministério das Cidades. Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN. **Frota de veículos no período 2000-2015**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2017.



O PERFIL E O ESTUDO DO COMPORTAMENTO HUMANO NOS ACIDENTES DE TRÂNSITO: O USO DO CELULAR EM CURITIBA

M. A. P. Bernardinis¹; L. L. V. Ruiz²; J. T. Bastos³

^{1,3} Professor da UFPR, Centro Politécnico, Dep. de Transportes, bloco V, Jd. das Américas

² Graduando da UFPR, Curso de Engenharia Civil, Centro Politécnico, Jd. das Américas
profmarcia.map@gmail.com¹, lucas_lvr@yahoo.com.br², jtbastos@gmail.com³

Resumo: Uma das maiores preocupações da comunidade científica e dos órgãos responsáveis pelo planejamento do trânsito e da segurança das cidades é encontrar soluções que possam minimizar o número de vítimas, fatais ou feridas, por acidentes de trânsito. Analisar os acidentes e compreender melhor esses fatos, pode ajudar a reduzir ou até prevenir a sua ocorrência e seu impacto na sociedade. Entretanto, raros são os estudos encontrados nessa área quando o foco é o uso do celular. Assim, esse trabalho realizou uma pesquisa na cidade de Curitiba a fim de traçar um perfil e estudo do comportamento humano com relação ao uso do celular enquanto dirige. O estudo revelou, entre outras coisas, que apesar dos condutores saberem dos riscos que o telefone celular causa direta e indiretamente quando estão ao volante, eles continuam a utilizá-lo mesmo depois de sofrer algum acidente ou multa.

Palavras-chave: Acidentes de trânsito, Comportamento humano, Celular.

1 Introdução

De acordo com [1] os acidentes de trânsito constituem um problema para a saúde pública em virtude do grande impacto na morbidade e mortalidade. Estimativas da OMS por ano, são registrados no mundo cerca de 1,2 milhão de mortes no trânsito, o que vem representar um total de três mil mortes por dia. De acordo com [2], a maioria das pesquisas aponta o fator humano como o responsável direto ou indireto por 65% a 95% dos acidentes de trânsito. Para [3], entre os principais riscos associados ao fator humano se encontram a falta de atenção e a distração dos motoristas. Assim, sabe-se que com relação a falta de atenção do motorista, associa-se entre outros o uso do celular. Segundo [5], o uso do celular no trânsito é uma das causas mais recorrentes, além de ser um grande causador de acidentes, ficando atrás apenas do excesso de velocidade e consumo de álcool e drogas.

2 Metodologia

Para avaliar o comportamento e o perfil dos condutores foi elaborado um questionário aplicado na cidade de Curitiba - PR, tanto como disponibilizado um questionário online em *Googles Forms* nas redes sociais como *Facebook* e *Whatsapp* para obter maior abrangência de respostas e uma heterogeneidade nas respostas. Assim, foram feitas 240 entrevistas nas vias de Curitiba com os motoristas e 370 pelas redes sociais. Os dados foram coletados de agosto a outubro de 2016.

3 Resultados esperados/Conclusões

Com este estudo, percebeu-se alguns fatos que merecem destaque. Por exemplo, em ambos os sexos, numa faixa etária de 18 a 44, utilizam ainda o telefone celular enquanto fazem seus deslocamentos diários, acreditando que nada irá acontecer, mesmo já tendo sido multado ou sofrido algum tipo de acidente. Esta ausência de percepção do risco leva muitos a permanecerem usando o celular enquanto conduzem, fazendo-se necessário urgentes ações que possam mitigar os comportamentos de uso do celular na condução de veículos.

Referências

- [1] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE-OMS, 2014. Disponível em: <iris.onsv.org.br/portaldados/downloads/retrato2014.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2016.
- [2] MACEDO, G. M. Estudos das relações entre o nível de habilidade e direção segura, a irritabilidade e o cometimento de violações e erros do motorista e o seu possível envolvimento em acidentes de trânsito. **Tese de D.Sc**, 2004. USP, SP.
- [3] GAO – General Accounting Office. **Research continues on the variety of factors that contribute to motor vehicle crashes**. Report to congressional requesters, 2003. Disponível em: <<http://www.gao.gov/new.items/d03436.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2016.
- [4] VIEIRA, M. Uso do Celular ao dirigir é causa mais comum de desatenção no trânsito. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br>> Acesso em: 30 out. 2017.



ANÁLISE DE MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS URBANOS

I. A. Souto¹; D. R. Bisconsini²; J. L. Fernandes Júnior³

^{1,2} Departamento de Engenharia Civil - UTFPR, Campus Pato Branco, Departamento de Construção Civil, Via do Conhecimento, km 01, PR. Tel.: 55-46-3220-2511

³ Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC-USP), Departamento de Engenharia de Transportes, Avenida Trabalhador são-carlense, 400, São Carlos, SP. Tel.: 55-16-3373-9601.
izadoraasouto@gmail.com¹, bisconsini@utfpr.edu.br², leomar@sc.usp.br³

Resumo: Em geral, municípios brasileiros não possuem um SGPU (Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos), principalmente pela necessidade de uma coleta periódica de informações para a alimentação do banco de dados, a qual envolve conhecimento técnico, tempo e custos. Neste estudo, será realizado um levantamento de defeitos em campo para a obtenção do ICP (Índice de Condição do Pavimento) baseado na planilha do Instituto do Asfalto e no manual do *Strategic Highway Research Program* (IA/SHRP), e do PCI (*Pavement Condition Index*), conforme o manual técnico TM 5-623 (*HeadQuarter, Department of the Army*). Esses valores serão comparados com duas adaptações do método do ICP: considerando apenas cinco tipos de defeitos (deformação permanente, placas, trincas por fadiga, remendos e desgaste) e um ICP calibrado a partir dos defeitos mais relevantes observados em campo. Espera-se que o estudo contribua com a busca de alternativas para a alimentação de um SGPU.

Palavras-chave: Gerência de pavimentos, SGPU, ICP.

1 Introdução

A avaliação da condição de pavimentos é fundamental na priorização de projetos e estratégias de intervenção dessas estruturas. Dentre os principais fatores que levam os municípios a não realizarem um levantamento contínuo de defeitos nos pavimentos, estão o tempo e custos envolvidos nessa etapa. Isso ocorre pela necessidade de uma certa quantidade de funcionários e um treinamento adequado para que se mantenha a consistência dos levantamentos. Nesse sentido, é fundamental a adoção de métodos simples e objetivos, que favoreçam a constante alimentação de um SGPU.

2 Metodologia

Será realizado um levantamento de defeitos em um bairro do município de Pato Branco/PR. O número de amostras será definido estatisticamente, para um dado limite de erro máximo e intervalo de confiança. Em seguida, será realizado um levantamento de defeitos para a obtenção de quatro índices: (1) ICP (Índice de Condição do Pavimento) baseado na planilha do Instituto do Asfalto e nos 15 defeitos considerados no manual do *Strategic Highway Research Program* (IA/SHRP); (2) PCI (*Pavement Condition Index*), conforme os 19 defeitos conforme o manual técnico TM 5-623 (*Head-*

Quarter, Department of the Army); (3) ICP a partir de cinco tipos de defeitos (deformação permanente, panelas, trincas por fadiga, remendos e desgaste) propostos por [1]; (4) ICP calibrado a partir dos defeitos mais relevantes observados no local de estudo. Por fim, será realizado um comparativo entre os índices com base na variabilidade dos resultados em termos de classificação qualitativa do pavimento relacionada com esses valores.

3 Resultados esperados

Espera-se que o estudo possa servir como um indicativo de métodos alternativos para o levantamento de defeitos em pavimentos urbanos, a partir de procedimentos simples e padronizados, como forma de incentivo à implantação de um SGPU.

Referências

[1] ZANCHETTA, F. **Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, Modelo de Desempenho e Análise Econômica**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2017.



ESTABILIZAÇÃO DE SOLO COM ADIÇÃO DE LODO DE ESGOTO CALCINADO APLICADO À PAVIMENTAÇÃO

M. Prate¹; L. Furlan²; E. Damin³

^{1,2} Acadêmicas do curso de Engenharia Civil, UDC, Foz do Iguaçu/PR

³ Engenheiro Civil, especialista, docente do Curso de Engenharia Civil, UDC, Foz do Iguaçu/PR
larissa.furlan@hotmail.com¹, makelyps@hotmail.com², eduardodamin@hotmail.com³

Resumo: A implantação de projeto de esgotamento no país trouxe uma grande contribuição, porém um novo problema: os resíduos gerados ao final do tratamento de esgoto. O lodo de esgoto atualmente tem como destino principal os aterros sanitários e a agricultura. Com o intuito de encontrar uma destinação adequada para este resíduo, o foco deste estudo será submeter o lodo de esgoto, após ativação térmica, a ensaios laboratoriais a fim de encontrar resultados que viabilizem sua utilização como aditivo para estabilização de solos para uso em pavimentos, tendo como finalidade melhorar as características físicas e o desempenho mecânico do solo da Região Oeste do Paraná.

Palavras-chave: Lodo de esgoto calcinado, Pavimento, Estabilização de solo.

1 Introdução

Segundo [1], o pavimento é composto por várias camadas, que geralmente são constituídas por materiais pétreos, solos, ou a misturas de ambos, e devem trabalhar deformações compatíveis com sua capacidade e natureza. De acordo com [4], quando não é possível a execução das camadas com materiais pétreos, pode-se utilizar o solo. Quando o solo não atende às especificações necessárias, utilizam-se técnicas que melhoram seu desempenho, como a estabilização do mesmo. A estabilização de um solo consiste em melhorar as suas propriedades [3]. Almejando vantagens econômicas e ambientais, busca-se reutilizar e reciclar materiais, tentando proporcionar uma designação adequada para os mesmos. O lodo de esgoto, por exemplo, é considerado o principal subproduto gerado no processo de tratamento de águas residuais, onde a eliminação da matéria orgânica acontece após a caleação e calcinação [2]. Assim, a intenção deste estudo é verificar a viabilidade de estabilizar o solo com a adição do lodo de esgoto calcinado, aplicado para pavimentação.

2 Metodologia

O trabalho pretende analisar o comportamento mecânico do Latossolo Vermelho Distroférrico com a adição do lodo de esgoto calcinado, proveniente da estação de tratamento Ouro Verde, da cidade de Foz do Iguaçu, através do ensaio de compactação, compressão simples e CBR (Índice de Suporte Califórnia).

3 Resultados esperados/Conclusões

Almeja-se alcançar resultados em que a adição de lodo de esgoto, após a calcinação, possa servir para uso de estabilização do solo para aplicação de pavimentação.

Referências

- [1] BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p.
- [2] CANCELIER, C. D. et al. **Estudo da Resistência Mecânica do Solo Condicionado pelo Lodo de Esgoto Calcinado**. 2014. Disponível em: <<http://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobramseg>>. Acesso em: 10 set. 2016
- [3] FRANÇA, F. C. **Estabilização Química de um Solo para Fins Rodoviários**: Estudo de Caso Com Produto “Rbi Grade 81”. 2003. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- [4] VILLIBOR, D. F; et al. **Pavimentos de baixo custo para vias urbanas**: Bases alternativas com solos lateríticos, Gestão de manutenção de vias urbanas. 2. ed. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 196 p. Disponível em: <www.portaldetecnologia.com.br>. Acesso em: 9 abr. 2017.



ESTABILIZAÇÃO DE SOLO COM ADIÇÃO DE LODO DE PAPEL CALCINADO APLICADO À PAVIMENTAÇÃO

L. Furlan¹; M. Prates²; E. Damin³

^{1,2} Acadêmicas do curso de Engenharia Civil, UDC, Foz do Iguaçu/PR

³ Engenheiro Civil, especialista, docente do Curso de Engenharia Civil, UDC, Foz do Iguaçu/PR
larissa.furlan@hotmail.com¹, makelyps@hotmail.com², eduardodamin@hotmail.com³

Resumo: Diante da precariedade das rodovias e ruas em todo o país, a utilização do solo como base e sub-base de pavimentos tem sido uma solução economicamente e ambientalmente viável para pavimentos de baixo custo. Porém nem sempre o solo atende às exigências necessárias para sua utilização. Nesse sentido, um resíduo que apresenta características favoráveis para ser estudado na estabilização e reforço de solos é o proveniente das estações de tratamento de efluentes das indústrias de papel e celulose, conhecido como lodo de papel, que surpreende pelo grande volume produzido. Assim sendo, o objetivo dessa pesquisa é avaliar o comportamento mecânico do compósito solo-lodo de papel através de ensaios laboratoriais. Espera-se com os resultados que o resíduo possa servir como aditivo estabilizante para aplicação em base e sub-base de pavimentos, para uso em substituição total ou parcial de materiais tradicionais já utilizados para esse fim, como a cal, o cimento, entre outros.

Palavras-chave: Lodo de papel, Estabilização de solo, Pavimento econômico.

1 Introdução

Com a crescente necessidade de reutilização de resíduos industriais, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais, os materiais pozolânicos que seriam descartados pelas indústrias tornam-se uma grande motivação para esta pesquisa, buscando a redução de custo e o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, de acordo com [2], um resíduo que apresenta pozolanicidade após calcinação a 600°C, que é interessante a ser estudado como aditivo estabilizador é o lodo de papel, proveniente das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) das indústrias de papel e celulose, que surpreende pela quantidade que é gerado. Segundo [1], apesar de sofrerem variações de acordo com o processo produtivo, matérias-primas e insumos utilizados por cada indústria, são fontes importantes de impurezas minerais e compostos inorgânicos, por isso, são reconhecidos mundialmente pela sua potencialidade de serem utilizados na construção civil. Assim sendo, com esse trabalho pretende-se avaliar através de ensaios de laboratório se a incorporação do lodo de papel calcinado irá trazer melhorias na estabilização de solo e no seu comportamento mecânico para aplicação como aditivo estabilizador em base e sub-base de pavimentos.

2 Metodologia

O trabalho pretende analisar o comportamento mecânico do Latossolo Vermelho Distroférrico com a incorporação do lodo de papel calcinado, através do ensaio de compactação, série de floculação, ensaio de compressão simples, ensaio de pH e CBR (Índice de Suporte Califórnia).

3 Resultados esperados/Conclusões

Espera-se que o lodo de papel possa vir a substituir total ou parcialmente materiais tradicionais utilizados na estabilização de solo tal qual a cal e o cimento.

Referências

- [1] FOELKEL, C. Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose e Papel de Eucalipto, Parte 03: Lodos & Lodos. **Eucalyptus Online Book**. 2010.
- [2] SOARES, J. **Avaliação da atividade pozolânica do lodo de papel proveniente de indústria de papel reciclado do centro-oeste do Paraná**. Foz do Iguaçu. Centro Universitário Dinâmica das Cataratas. 2013.



PEDALA TO

N. B. M. Souza¹; M. F. A. Magalhães²; A. M. Fedeger³

^{1,2}Discentes do Curso de Terapia Ocupacional, Universidade Federal do Paraná Avenida Lothário Meissner, 632
Campus Botânico, Bloco Didático II

³ Professora Dra. Andréa Maria Fedeger, Departamento de Terapia Ocupacional Universidade Federal do Paraná
nicolebeltramesouza@gmail.com¹, miguelafalo21@gmail.com², andrea.fedeger@gmail.com³

Resumo: A mobilidade é uma ocupação significativa no cotidiano de pessoas, e a Terapia Ocupacional estuda as demandas para seu desempenho. Em consonância com o desenvolvimento das cidades, a mobilidade alternativa, como o uso de bicicleta, é pauta desta pesquisa. Este estudo é parte do projeto de voluntariado acadêmico, iniciado no segundo semestre de 2017, e, tem como objetivo conhecer a opinião dos protagonistas da graduação em Terapia Ocupacional da UFPR (alunos e professores do Departamento de Terapia Ocupacional e terceirizados) que atuam, em específico, no Bloco Didático II do *Campus* Botânico, sobre os benefícios, riscos, e, também, o uso da bicicleta como modalidade de transporte. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica narrativa com delineamentos descritivo e transversal, sendo o *Survey* o método de investigação. Para obter a opinião do público alvo desenvolveu-se um questionário estruturado que será disponibilizado online (e-mail e rede social) e, em versão impressa ser aplicado entre dezembro de 2017 e fevereiro de 2018. O resultado esperado é promover o uso consciente da bicicleta.

Palavras-chave: Terapia ocupacional, Mobilidade, Bicicleta.

1 Introdução

A mobilidade é considerada uma ocupação que permeia a vida humana e tem significado no cotidiano das pessoas, além de ser foco de estudo e intervenção de terapeutas ocupacionais. Considerando [1], esta atividade pode ser caracterizada como ir e vir na comunidade, podendo ser através de diversos meios de transporte, como, por exemplo: andar de bicicleta. A bicicleta é, meio de transporte sustentável, alternativo e promove ganhos à saúde, impulsiona melhorias na segurança pública e no desenvolvimento das cidades. Segundo [2], este transporte pode gerar na vida do ciclista desafios a serem enfrentados seja no uso correto dos equipamentos ou na composição do trânsito urbano.

2 Metodologia

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica narrativa com delineamentos descritivo e transversal tendo o *Survey* como método de produção de dados. Desenvolveu-se um questionário estruturado, no Google Formulário, com 16 questões mistas que investigam a opinião do público-alvo deste estudo. Este material será disponibilizado online, em rede social, e-mail e em versão impressa (com abordagem direta no local de investigação) entre dezembro de 2017 e fevereiro de 2018. A população alvo é caracterizada por: 234 alunos matriculados no período noturno e 190 no diurno, 23 professo-

res, 8 técnicos e 15 terceirizados, totalizando 470 pessoas para a pesquisa. Os dados serão analisados e divulgados em informativos no próprio curso e na comunidade acadêmica.

3 Resultados esperados/Conclusões

Este marco inicial poderá impulsionar novas ações socioculturais e de saúde em atividades de extensão que promovam o uso consciente da bicicleta.

Referências

- [1] AOTA – Associação Americana de Terapia Ocupacional (2015). Estrutura da Prática de Terapia Ocupacional: domínio e processo (3.ed.). **Rev Ter Ocup Univ São Paulo**. São Paulo, v.26 (Ed. Esp.): p. 1-49, jan/abr., 2015.
- [2] RAQUEL, R. A contribuição da bicicleta para a democratização das cidades. In: BELOTTO, J. C. A. et al. (Ed.). **A cidade em equilíbrio**. Curitiba: Proec/UFPR, 2014. p. 316.



O USO DA HIDROVIA NA LOGÍSTICA URBANA

E. D. R. Rodrigues¹; O. F. Lima Júnior²

^{1,2} LALT- Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, C. Universitária, Zeferino Vaz - Campinas SP
esterdivieso@gmail.com¹, oflimaj@fec.unicamp.com²

Resumo: O transporte hidroviário é o mais econômico e menos poluente entre os modais. Em contrapartida, o transporte de cargas urbanas é um desafio hoje. O uso do transporte hidroviário na movimentação urbana de cargas permite redução de custos, melhoria de serviços e redução de impactos ambientais. Esta solução é uma oportunidade pouco explorada no Brasil. O objetivo deste trabalho é analisar como o transporte hidroviário de cargas pode auxiliar na logística urbana em cidades do Brasil, com base em casos existentes no mundo. Estão sendo estudadas práticas em países onde as hidrovias são utilizadas em áreas urbanas, como, por exemplo, França e Holanda, e em seguida, o potencial de uso do modal em cidades do Brasil em um estudo de caso.

Palavras-chave: Logística urbana, Transporte intermodal, Hidrovia.

1 Introdução

Os conflitos no espaço urbano mostram a necessidade de explorar novas alternativas para a logística urbana. Algumas iniciativas em cidades europeias demonstram que há um potencial significativo do uso de vias navegáveis urbanas para a distribuição de mercadorias [1]. Uma revisão de experiências na área da logística urbana fluvial é vista em [2] destacando-se as experiências francesas e holandesas. O objetivo dessa pesquisa é analisar como o transporte hidroviário pode atuar na logística urbana em cidades brasileiras, com base em práticas existentes no mundo. Além de ganhos operacionais e de redução de custos, as maiores oportunidades do uso do transporte hidroviário na logística urbana estão relacionadas à redução de impactos ambientais, principalmente na emissão de poluentes e no congestionamento viário. A análise de boas práticas internacionais pode contribuir com a identificação de oportunidades para a utilização do potencial hidroviário brasileiro.

2 Metodologia

A metodologia será o estudo de caso [3], conforme o fluxograma da Figura 1, além da aplicação de um grupo focal para desenvolvimento do estudo.

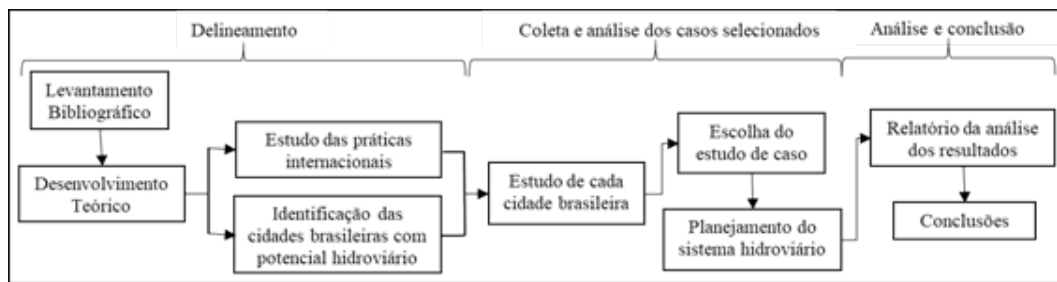


Figura 1 – Fluxograma das etapas do estudo de caso.

3 Resultados esperados

A análise comparativa de experiências internacionais permitirá a identificação de boas práticas e oportunidades de uso do transporte hidroviário e o estudo de caso a ser desenvolvido discutirá estas possibilidades adequadas à realidade nacional. Espera-se identificar alternativas para melhorar a logística nas cidades.

Referências

- [1] VAN DUIN, J. H. R.; KORTMANN, L. J.; VAN DE KAMP, E. M. Towards sustainable urban distribution using city canals: the case of Amsterdam. In: The 10th International Conference on City Logistics, 2017, Phuket, Thailand. **Institute for City Logistics**. p. 44-57, 2017.
- [2] JANJEVIC, M.; NDIAYE, A. B. Inland waterways transport for city logistics: a review of experiences the role of local public authorities. In: 20th International Conference on Urban Transport and the Environment, 2014, Southampton. UK. **Brebbia, C.A. (Ed.)**, v. 138, p. 279-292.
- [3] YIN, R. K. **Estudo de Caso - Planejamento e Métodos**. 4. ed., Porto Alegre: Bookman, 212 p, 2010.



AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO HORÁRIO DE VERÃO NOS CUSTOS DOS TRANSPORTES

A. Ryba¹; C. B. Oliveira²; P. D. da Silva³

^{1,2,3}Universidade Federal do Paraná - UFPR

andrea.ryba@ufpr.br¹, carolinabonardi0@gmail.com², priscila.2304@hotmail.com³

Resumo: Adotado por alguns países, o chamado Horário de Verão é a prática de adiantar os relógios em uma hora, cuja sua principal finalidade é a redução de demanda por energia em determinados horários do dia. Além disso, como a luz do dia ainda está presente no horário considerado noturno, nota-se também uma mudança de hábitos no cotidiano e comportamento das pessoas. Este estudo visa investigar uma possível redução nos custos, ocasionado por essa mudança de hábitos nos diversos modais dos transportes, frente à mudança de horário que ocorre todos os anos entre os meses de outubro e fevereiro. Para tanto, o trabalho se constituirá de estudos práticos, teóricos, contagens, entrevistas, entre outros, principalmente nos horários de pico na cidade de Curitiba. O objetivo é avaliar as mudanças de hábitos dos usuários dos diversos meios de transportes e como isso pode gerar uma redução dos custos, em termos de eficiência energética do modal utilizado. O resultado esperado é a verificação da possibilidade do Horário de Verão, reduzir, não somente a demanda por energia em horários chamados de “ponta”, mas a demanda por transportes, o que pode resultar numa redução dos custos energéticos vinculados a alguns tipos de modais.

Palavras-chave: Eficiência energética, Horário de verão, Custos dos transportes.

1 Introdução

O Horário de Verão, prática de adiantar os relógios em uma hora, adotado em algumas regiões do país, foi implantado em 1931, porém passou a ser aplicado todos os anos somente a partir de 1985 [1]. Historicamente, sabe-se que um de seus principais objetivos é a redução de demanda por energia em horários de maior consumo, os chamados horários de “ponta”. De acordo com [2], a adoção do horário de verão ultrapassa as decisões do setor elétrico. Percebeu-se, então, a possibilidade de alterações em hábitos cotidianos das pessoas, já que permite o aproveitamento da luz solar em um período considerado noturno.

Diante disso, pensou-se em entender e justificar a eficiência do horário de verão, mas agora, sob a ótica dos transportes. Busca-se então, saber o que a esfera de benefícios – ou malefícios – do horário de verão atinge, uma vez que foram feitos poucos estudos comportamentais em humanos, durante as transições do horário de verão [3] e seria interessante constatar como essas possíveis mudanças comportamentais na população podem afetar o custo dos transportes.

2 Metodologia

Primeiramente, será realizada uma pesquisa bibliográfica, cujo objetivo é levantar as principais contribuições a respeito da eficiência energética dos transportes e mudanças de comportamento das pessoas durante o Horário de Verão, além de se conhecer mais a respeito do tema. Num segundo momento, serão levantadas contagens de tráfego, a fim de se identificar a existência de alterações no período de estudo, comparado com períodos não contemplados pelo Horário de Verão. Para tanto, serão utilizadas técnicas estatísticas que permitem a comparação entre conjuntos de dados. Por fim, identificações estatisticamente relevantes no volume de tráfego, serão realizados estudos para tentar quantificar essa redução em termos energéticos.

3 Resultados esperados/Conclusões

Atualmente, o horário de verão tornou-se também uma questão cultural na sociedade. Espera-se, então, justificar a sua continuidade em virtude de uma possível redução dos custos dos transportes, além de entender os hábitos da população durante esse período.

Referências

- [1] MONTALVÃO, E. **O Setor Elétrico e o Horário de Verão**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/102/texto19%20-%20edmund.pdf?sequence=4>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- [2] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- [3] KANTERMANN, T. et al. The human circadian CLOCK's seasonal adjustment is disrupted by daylight saving time. **Current Biology**, n. 17, p. 1996-2000, 2007.



ANÁLISE DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NO PERÍMETRO URBANO DE PATO BRANCO/PR

G. Legramanti¹; D. R. Bisconsini²

^{1,2} *Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Pato Branco*
Via do Conhecimento, km 01, s/n - Fraron, 85503-390, Pato Branco/PR
gabriela-legramanti@hotmail.com¹, bisconsini@utfpr.edu.br²

Resumo: O Brasil é um dos países com maiores índices de acidentalidade e, em muitos municípios, não há uma análise sistêmica das estatísticas de trânsito, a qual poderia servir como subsídio à proposição de intervenções no sistema viário local. Neste estudo serão apresentadas alternativas para a redução da frequência e gravidade dos acidentes localizados em pontos críticos de ocorrências identificados no perímetro urbano do município de Pato Branco/PR. Tal objetivo será alcançado por meio da análise estatística dos dados de acidentes de trânsito fornecidos por entidade local, da identificação dos pontos críticos de acidentes e das variáveis de maior influência na ocorrência dos mesmos. Espera-se que tal análise possibilite a identificação da relação entre as causas e os índices de acidentes, além da sugestão de intervenções que possam minimizar a ocorrência e gravidade dos acidentes.

Palavras-chave: Acidentes de trânsito, Segurança viária, Conflito de trânsito.

1 Introdução

Os acidentes de trânsito são estimados como a oitava causa de morte no mundo, sendo a principal causa de morte para jovens de 15 a 29 anos. A nível nacional, as lesões no trânsito resultam em custos financeiros significativos, em particular para as economias em desenvolvimento [1]. Contudo, as estatísticas nacionais de acidentes de trânsito no Brasil ainda são imprecisas e incompletas, dada à precariedade e falta de padronização da coleta e tratamento das informações [2].

2 Metodologia

Primeiramente, será realizada a verificação, junto ao Departamento Municipal de Trânsito de Pato Branco (DEPATRAN), do procedimento adotado para o tratamento dos dados de acidentes de trânsito do município. A segunda etapa consiste na análise da evolução dos acidentes por meio dos dados fornecidos pelo 3º Batalhão de Polícia Militar de Pato Branco, para análise da correlação entre os fatores causadores de acidentes e identificação dos pontos críticos de acidentes. O terceiro passo, é o tratamento dos pontos críticos identificados, como estudo de caso, a partir da elaboração de propostas de intervenções. Esta análise será baseada nas características físicas (condição da sinalização vertical, horizontal, da superfície do pavimento, etc.), geométricas (largura das vias, posição da sinalização horizontal e vertical, visibilidade, etc.) e de fluxo (caracterização dos movimentos de veículos e pedestres, intensidade de tráfego, etc.) das interseções selecionadas, além de dados sub-

jetivos obtidos a partir de entrevistas com usuários e moradores que habitam as proximidades dos locais críticos, com questões referentes ao horário de maior movimento de veículos e percepção das causas de conflitos no local. Ao fim do estudo, pretende-se apresentar um método para a realização de intervenções nas vias do município a partir da análise realizada.

3 Resultados esperados

Espera-se que o método adotado possa servir como exemplo de utilização de estatísticas de acidentes para outros municípios, com foco na indicação de intervenções em sistemas viários que contribuam para a redução do número e gravidade dos índices de acidentalidade.

Referências

- [1] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Global status report on road safety 2013**: supporting a decade of action. World Health Organization, 2013.
- [2] DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Política Nacional de Trânsito**. Brasília, 2004.



DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO TRANSPORTE COLETIVO SOB A ÓTICA DO USUÁRIO NA CIDADE DE PATO BRANCO/PR

K. F. Rubio¹; D. R. Bisconsini²

^{1,2} *Departamento de Engenharia Civil - UTFPR, Campus Pato Branco, Departamento de Construção Civil, Via do Conhecimento, km 01, PR. Tel: 55-46-3220-2511*
krubio@alunos.utfpr.edu.br¹, bisconsini@utfpr.edu.br²

Resumo: Um dos grandes gargalos do sistema viário dos municípios brasileiros é o uso massivo do transporte individual em detrimento ao uso do transporte coletivo. Neste estudo, serão determinados os pontos positivos e negativos do sistema de transporte coletivo da cidade de Pato Branco/PR, tomando-se como referência a percepção do usuário. Será determinado seu grau de satisfação e os fatores críticos redutores de qualidade, seguidos da proposição de medidas para a melhoria do sistema. O método aplicado inclui uma revisão bibliográfica relacionada ao tema, aplicação de pesquisa de satisfação e um processamento e análise das informações obtidas. Resultados preliminares apontam certa insatisfação com o transporte coletivo, sendo os fatores críticos redutores de satisfação a superlotação dos ônibus, o longo intervalo entre ônibus e a dificuldade de acesso à informações sobre rotas, horários e canais de informações e reclamações.

Palavras-chave: Transporte público, Mobilidade, Satisfação dos usuários.

1 Introdução

O contínuo crescimento da população e distâncias percorridas é a realidade de muitas cidades brasileiras, onde o transporte individual prevalece sobre o transporte coletivo. Conforme [1], 39% dos brasileiros considera o transporte coletivo ruim ou muito ruim e 31,3% regular. O objetivo deste estudo consiste em obter, sob a ótica do usuário, os pontos positivos e negativos do sistema de transporte coletivo na cidade de Pato Branco/PR, os quais servirão como base na proposição de melhorias do sistema.

2 Metodologia

A metodologia inclui uma revisão bibliográfica acerca da qualidade do transporte coletivo por ônibus, indicadores e pesquisas com usuários. Baseado nos critérios propostos por [2], foi elaborado um questionário eletrônico destinado aos usuários do transporte coletivo de Pato Branco/PR, o qual foi divulgado e disponibilizado em grupos de redes sociais de abrangência municipal. O mesmo questionário foi impresso e apresentado a uma parcela de usuários em pontos de embarque e desembarque. Na sequência, foi realizado um tratamento dos dados que permitiu a identificar o grau de satisfação dos usuários perante o sistema de transporte público oferecido, além da determinação

dos principais fatores de descontentamento, que interferem negativamente na qualidade do serviço oferecido.

Adicionalmente, serão analisados dados sobre rotas, frota e quantidade de usuários disponibilizados pelo Departamento Municipal de Trânsito do Município de Pato Branco/PR (DEPATRAN), além da observação da condição dos pontos de parada e integração de ônibus. Em seguida, serão propostas medidas de melhorias que possam afetar positivamente a qualidade do serviço oferecido. Finalmente, serão realizadas entrevistas com especialistas da área, para que estes possam opinar sobre as propostas sugeridas.

3 Resultados esperados

Espera-se que os procedimentos adotados neste estudo possam servir como modelo para a análise da qualidade do transporte coletivo em outros municípios, com foco na indicação de intervenções que afetem positivamente o serviço.

Referências

- [1] INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Sistema de indicadores de percepção social (SIPS)**. 2011.
- [2] FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano**. 2. ed. São Carlos, SP: RiMa, 2004.



ATUALIZAÇÃO DO IMUS CURITIBA

S. Pontes¹; M. Rossi²; R. L. Witiuk³; F. B. von der Osten⁴

^{1,2,3} Graduando do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná

⁴ Professora do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná

samuel.pontes@pucpr.br¹, matheus.rossi@pucpr.br², rafael.witiuk@pucpr.br³, fabiana.osten@pucpr.br⁴

Resumo: O crescimento acelerado e desordenado de grandes centros urbanos aliado à inércia das políticas de governo acarretaram diversos problemas urbanos, dentre estes, destacou-se a mobilidade urbana, temática do presente estudo. Nesse contexto, propõe-se atualizar o índice de mobilidade urbana sustentável (IMUS) para a cidade de Curitiba, com o intuito de confirmar a vocação deste índice como ferramenta de auxílio a tomada de decisão para o gestor de políticas públicas de transporte sustentável no contexto de uma mesma cidade.

Palavras-chave: IMUS, Curitiba, Mobilidade.

1 Introdução

Dentre as problemáticas urbanas presentes no cotidiano das cidades destaca-se a mobilidade, cujo conceito extrapola noção de transporte, envolvendo o direito de acesso à cidade pelos cidadãos e os impactos ambientais decorrente dos modais de transporte.

Na perspectiva de análise dessa temática [1,2] se destaca o índice de mobilidade urbana sustentável (IMUS) como uma ferramenta de avaliação e monitoramento da mobilidade, assim como um referencial para a definição de políticas públicas visando a sustentabilidade dos sistemas de mobilidade urbana. O índice é composto por 87 indicadores que envolvem as três dimensões da sustentabilidade: dimensão social, econômica e ambiental. Em 2010 esse indicador foi definido para a cidade de Curitiba [2], confirmando-a como *benchmark* nacional ao atingir nota de 0,747.

Tendo em vista as mudanças enfrentadas pela cidade de Curitiba nos últimos anos, principalmente no que tange ao aumento do uso do transporte individual, o presente artigo tem como objetivo atualizar o IMUS para a cidade, verificando a capacidade do indicador de representar as recentes mudanças. Além disso, objetiva-se atualizar o cálculo do índice a partir das novas fontes de dados propondo um terceiro elo de comparação para o IMUS da cidade.

2 Metodologia

O presente artigo visa reproduzir o cálculo do IMUS para a cidade de Curitiba realizando um estudo comparativo. Desse modo será realizada pesquisas em banco de dados governamentais, tratamento de dados em planilhas eletrônicas e utilização do *software* Arcgis para o tratamento de dados geográficos. Por fim os resultados serão comparados e sua evolução analisada.

3 Resultados esperados/Conclusões

Dado o agravamento da mobilidade em Curitiba é esperado um decréscimo do IMUS, o resultado dos 54 indicadores calculados até o momento aponta para a confirmação dessa tendência tendo em vista o resultado parcial de 0,732, cerca de 2,05% menor que o obtido em 2010.

Referências

- [1] COSTA, M. S. **Um índice de mobilidade urbana sustentável**. 2008. 274 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Concentração Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- [2] MIRANDA, H. F. **Mobilidade urbana sustentável e o caso de Curitiba**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.



DINÂMICA DE MINI-TERMINAIS NO TRÂNSITO: UM ESTUDO DE CASO

P. Godoy¹; R. A. Costa²; M. C. Suguinoshita³; G. P. Caldeira⁴; L. B. P. Leme⁵; A. D. Bosco Junior⁶
^{1,2,3,4,5,6} Universidade Federal do Paraná, Rua Evaristo F. F. da Costa, 418, Jd. das Américas, Curitiba/PR
*paula.godoy123@gmail.com*¹, *roaucosta@gmail.com*², *maria.sugui@ufpr.br*³, *gabrielcaldeira@ufpr.br*⁴,
*lucasbudel.leme@gmail.com*⁵, *alceudalboscojr@gmail.com*⁶

Resumo: A pesquisa tem como objetivo a avaliação de dois cenários de trânsito – atual e proposto – em uma via arterial no Bairro Jardim das Américas - Curitiba/PR. Este trabalho propõe a implantação de um mini-terminal que integre o trânsito de usuários e a tarifa dos ônibus que atualmente passam pela estação tubo, e das linhas que operam nas vias laterais, esperando uma significativa melhoria na segurança viária e um sistema de transporte mais eficiente.

Palavras-chave: Mini-terminal, Simulação, Transporte público.

1 Introdução

Mudanças na geometria de redes de transporte visando maior segurança são geralmente impopulares e fontes de críticas por parte dos usuários de veículos motorizados. Isso ocorre muitas vezes por falta de clareza na tomada de decisão, levando a uma falsa premissa de que o aumento de segurança é desnecessário e afeta a mobilidade negativamente [1]. Nesse sentido, o uso da microssimulação vem como um meio de facilitar essa tomada de decisão de forma mais eficaz, possibilitando inclusive um melhor entendimento dos projetos [2]. A proposta estudada neste artigo será a mudança, essencialmente, da dinâmica dos ônibus do transporte público: deseja-se modificar o layout atual da disposição das paradas de ônibus introduzindo um mini-terminal de transporte público, onde todas as entradas e saídas dos veículos estariam concentradas em uma única região limitada.

2 Metodologia

Foram utilizadas contagem de tráfego obtidas do IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba e também realizada pela equipe, além de medições de fila pelo método prescrito no HCM. Dados de infraestrutura foram observados com auxílio do Google Earth, os quais foram validados em campo.

O *software* Vissim de microssimulação de tráfego foi utilizado como ferramenta de análise. Os parâmetros de calibração utilizados neste trabalho foram: velocidade média, tempo de viagem e a Estatística GEH, que relaciona volumes alocados e contagens reais. Os dois primeiros sendo estabelecidos pela metodologia do HCM [3], e o último de acordo com sua equação típica estabelecida pelo seu criador Geoffrey E. Havers [4].

Após a calibração, foi inserido o cenário proposto. Parâmetros como velocidade média, tempo de viagem, fila e saturação foram extraídos do *software* para futura comparação desses indicadores.

3 Resultados esperados/Conclusões

Com o presente estudo, a equipe espera demonstrar o impacto da implantação de um mini-terminal de transporte público na região, estrutura inexistente na cidade de Curitiba, que espera-se reduzir o número de conflitos de trânsitos existentes, o que pode inferir em uma menor periculosidade da travessia da Avenida.

Referências

- [1] VASCONCELLOS, E. A. **Políticas de Transporte no Brasil**: a construção da mobilidade excludente. 1. ed. Barueri, SP: Editora Manole, 2014.
- [2] HELLINGA, B. R. **Requirements for the Calibration of Traffic Simulation Models**. Canadian Society of Civil Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Canadá, 1998.
- [3] TRB. **Highway Capacity Manual 2000**. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2000.
- [4] FELDMAN, O. The GEH Measure and Quality of the Highway Assignment Models. **Association for European Transport and Contributors**, London, 2012.



ANÁLISE ECONÔMICA DO USO DA BICICLETA EM CURITIBA

R. L. Witiuk¹; B. Lemes²; F. B. von der Osten³

^{1,2} *Graduando do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*

³ *Professora do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*
bianca.lemesmacedo@gmail.com¹, rlwitiuk@gmail.com², fabiana.osten@pucpr.br³

Resumo: O modal ciclovitário tem se popularizado nos grandes centros urbanos, sendo visto como uma alternativa de transporte barata, ecológica e saudável, mas que apresenta entraves de segurança e acessibilidade. A expansão aparentemente acelerada da quantidade de bicicletas na cidade de Curitiba tem chamado a atenção e levantado hipóteses de ordem econômica que tenham favorecido esse aumento. Desse modo, o presente estudo visa determinar o índice de correlação entre a variação da tarifa de transporte público, o preço da gasolina, e o número de ordens de serviço nas bicicletarias da cidade. Para tanto, será levantado os dados junto as bicicletarias e será desenvolvida uma metodologia de cálculo visando corrigir outras variáveis envolvidas na análise como os efeitos da crise econômica brasileira.

Palavras-chave: Modal ciclovitário, Bicicleta, Transporte público.

1 Introdução

Como um meio alternativo de transporte nas grandes cidades, a bicicleta pode ser a melhor opção de locomoção para muitas pessoas. Apesar de existirem inúmeros outros motivos para utilizar a bicicleta como meio de transporte, o seu uso não é numericamente expressivo [1], comparado ao uso dos carros, nas grandes cidades do Brasil.

Com o aumento dos impostos sobre o combustível e da tarifa de transporte público em 0,55 centavos na capital paranaense, notou-se que a ocorrência de ciclistas nas ruas também aumentou. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo principal identificar a correlação entre a variação do aumento dos preços na gasolina e na passagem de ônibus com a variação dos serviços de manutenção e venda de bicicleta nas maiores bicicletarias de Curitiba. Esta análise permitirá determinar o perfil do ciclista curitibano quanto à motivação econômica para a utilização do transporte ciclovitário.

2 Metodologia

Será realizado um levantamento de dados junto as maiores bicicletarias da capital paranaense. Tais dados serão cruzados com a variação do preço do combustível e da tarifa de ônibus em Curitiba de modo a obter o índice de correlação entre essas dispersões. Será desenvolvida uma metodologia de cálculo visando corrigir outras variáveis envolvidas na análise como os efeitos da crise econômica brasileira.

3 Resultados esperados/Conclusões

A partir da correlação dos dados espera-se obter um grau de correlação alto entre as curvas calculadas, confirmando a hipótese que o aumento do combustível e da tarifa do transporte público em Curitiba estão correlacionados com um aumento da utilização da bicicleta como meio de transporte.

Referências

[1] SILVEIRA, Mariana Oliveira da. **Mobilidade sustentável**: a bicicleta como um meio de transporte integrado. 2010. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Transportes, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.



ESTUDO DA LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DOURADOS – PARANAGUÁ

R. L. Witiuk¹; B. Lemes²; E. Veronese³; F. B. von der Osten⁴

^{1,2,3} *Graduando do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*

⁴ *Professora do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná*

bianca.lemesmacedo@gmail.com¹, rafael.witiuk@pucpr.br², eduveronese@gmail.com³,

fabiana.osten@grupomarista.br⁴

Resumo: Frente ao baixo avanço da malha ferroviária nacional nas últimas décadas e ao potencial de crescimento econômico brasileiro, os governos estadual e federal têm objetivado a retomada da construção de infraestruturas de transporte. Entretanto, alguns projetos, como a ampliação da estrada de ferro Cascavel-PR - Dourados-MS, podem não apresentar vantagem econômica frente a outros modais, haja vista a disponibilidade de oferta do transporte hidroviário na região sul do Mato Grosso do Sul. Sendo assim, o presente estudo tem como escopo principal realizar um estudo de viabilidade econômica (EVE) da ferrovia frente à concorrência do modal hidroviário. Para fins de estudo de traçado e geração de mapas será utilizado as atribuições de SIG do AutoCad Civil 3D.

Palavras-chave: Ferrovia, AutoCad Civil 3D, EVE.

1 Introdução

A possível retomada dos trabalhos na linha Ferroeste [1], cujo primeiro trecho foi concluído em novembro de 1994, motivou a realização deste artigo, posto a dimensão do projeto e sua importância para o Estado do Paraná. O escopo inicial deste estudo é avaliar a viabilidade econômica do novo projeto da linha férrea, ligando Dourados-MS à Paranaguá-PR. Para tanto, é levado em consideração o potencial competitivo do ramal de Dourados-PR à Guaíra-PR frente ao potencial econômico da hidrovía Paraguai - Paraná, haja vista que estudos anteriores [2] destacam a vantagem competitiva deste último frente ao modal ferroviário para o atendimento da região sul do Mato Grosso do Sul.

2 Metodologia

Para realização do estudo de viabilidade econômica em questão serão determinados os polos geradores de demanda no Paraná e no Mato Grosso do Sul, assim como o traçado da ferrovia em questão de modo a definir os custos de transporte por tonelada de cada modal. Por meio destes cálculos serão constituídos diferentes cenários para implantação da referida ferrovia no que se refere a sua extensão com o intuito de determinar a viabilidade da implantação dessa infraestrutura. A análise a cima descrita será realizada com auxílio do AutoCad Civil 3D.

3 Resultados esperados/Conclusões

Os resultados esperados devem apontar para uma reformulação do traçado apresentado para a ferrovia em decorrência dos baixos custos do transporte por tonelada para o modal hidroviário, sendo este indicador a variável de decisão final.

Referências

- [1] ANÍBAL, Felipe. **Paraná retoma projeto de ferrovia entre Paranaguá e Mato Grosso do Sul**. Gazeta do Povo. Curitiba, p. 7-8. out. 2017.
- [2] VASCONCELLOS, E. A. **Políticas de transporte no Brasil**: A construção da mobilidade excludente. Barueri, SP: Ed. Manole, 2013. p. 27-87.



Apoio



Realização

