

Métrica e modelagem do sistema de transporte público coletivo por ônibus com uso da lógica Fuzzy

*

1st Noberto P. Maciel

Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação

Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

Feira de Santana, Brasil

nobertomaciel@hotmail.com

Resumo—A melhoria do transporte público e do tráfego de veículos é um imenso desafio para as cidades de médio e grande porte no mundo inteiro. Diversos são os fatores que influenciam a boa ou a má qualidade do serviço público de transporte coletivo, implicando o bem estar da população local e o fluxo de veículos. Esses fatores, muitas vezes não são levados em consideração pelos gestores devido a inexistência de ferramentas de suporte para coleta e análise qualitativa e pela subjetividade de algumas variáveis. Contudo, o tema transporte público tem sido muito discutido atualmente, porém, ainda é pouco estudado na pesquisa científica, sobretudo em ciência da computação. Neste artigo, sugerimos a utilização da lógica Fuzzy para realizar uma análise qualitativa, através de dados subjetivos e métricas do sistema público de transporte urbano nos três pontos de vista: do passageiro; das operadoras e do poder público.

I. INTRODUÇÃO

Em conjuntos Fuzzy, diferentemente do sistema de conjuntos Crisp, em que um elemento pode ou não pertencer a um universo de discurso (domínio), existem graus de pertinência de um elemento a um determinado conjunto. Isso nos permite transformar dados subjetivos das métricas do sistema de transporte público, a exemplo da qualidade do ponto de vista do passageiro (boa, ruim, péssima, ótima, etc), em valores designados aos elementos do conjunto universo U dentro do intervalo de números reais de 0 a 1 inclusive, isto é $[0,1]$. Em transporte público, diversas são as variáveis para monitoramento da qualidade e do equilíbrio financeiro do sistema:

Do ponto de vista das operadoras:

- 1) Custo operacional;
- 2) Passageiro total;
- 3) Passageiro equivalente;
- 4) Tempo de vigem;
- 5) Km total;
- 6) Gap de linha;

7) IPK;

8) IPKE.

Do ponto de vista do poder público:

- 1) Passageiro total;
- 2) Passageiro equivalente;
- 3) Tempo de vigem;
- 4) Km total;
- 5) Estado dos veículos;
- 6) Comprimento do roteiro;
- 7) Comprimento de hoários;
- 8) IPK;
- 9) IPKE.

Do ponto de vista do passageiro:

- 1) Tempo de vigem;
- 2) Tempo de espera;
- 3) Estado dos veículos;
- 4) Conforto/lotação na viagem;
- 5) Distância do ponto ao destino;
- 6) Preço da passagem;
- 7) Segurança no ponto de embarque e desembarque;
- 8) Qualidade do atendimento da tripulação;
- 9) Segurança dentro do ônibus.

Muitas dessas variáveis são coletadas por sistemas embarcados nos veículos, porém, outras nem sempre são levadas em conta, como é o caso daquelas do ponto de vista do passageiro. Não apenas pela dificuldade na coleta, mas devido a um grande nível de subjetividade. Com a utilização dos conjuntos Fuzzy, podemos estimar as métricas de qualidade do transporte dos diversos pontos de vista através da utilização desses dados coletados pelos sistemas das operadoras, realizando uma simulação com a modelagem do sistema de transporte público antes de aplicar qualquer mudança na vida real, diminuindo, assim, qualquer impacto negativo advindo dessas mudanças.

II. FUNDAMENTAÇÃO

“A má qualidade do transporte coletivo se dá, geralmente, devido à circulação de veículos lotados e/ou em mal estado de conservação, aos aumentos dos preços das passagens de ônibus, dentre outros fatos que contrastam com a baixa qualidade dos serviços prestados. Tais problemas são comuns em muitas cidades, principalmente em países em desenvolvimento, que, apesar de estarem se tornando mais significativos no cenário mundial, ainda sofrem com sérios problemas de transporte”, Ortúzar [1]. Comumente, algumas decisões partem sem um estudo prévio, ou uma simulação, com embasamento matemático que dimensione os impactos de tais decisões no sistema de transportes e até mesmo no trânsito das cidades. Em transporte público, existe a necessidade imperiosa do equilíbrio financeiro do sistema e isso impacta diretamente sobre a qualidade da prestação do serviço, qualquer redimensionamento poderá gerar custos que, mais cedo ou mais tarde, recairão sobre o valor das passagens ou na diminuição da frota, linhas e horários. A diminuição do quantitativo de passageiros é um efeito cíclico, uma vez que, o transporte mais caro e sem qualidade desestimula o seu uso, favorecendo ao aumento da utilização do transporte individual ou até clandestino, gerando impacto negativo no trânsito e no meio ambiente (mais veículos, congestionamentos, acidentes, atrasos, mais poluição), um ciclo vicioso.

Nesta linha de pensamento, Welton Cardoso do Carmo, [2] em sua dissertação de mestrado, apresenta uma simulação e modelagem do transporte público para a cidade de Goiânia/GO, levando em conta fatores como o tempo de deslocamento, tempo relativo de viagem, tempo de espera e o fator de conforto. A ANTP (Agência Nacional de Transportes Públicos), em 2017 publicou duas cartilhas para cálculo tarifário (Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus - Instruções Práticas, Método de Cálculo) [3] [4] em substituição à Planilha GEIPOT, utilizada desde 1983 e desatualizada desde 1996, contudo, não trata de aspectos ligados à qualidade do transporte. No artigo de dissertação de mestrado Projeto de Redes Otimizadas de Transporte Público por Ônibus Utilizando Algoritmo Genético de Renato Oliveira Arbex [5], é tratado o problema do projeto de redes de transporte público, estabelecendo trajetos e frequências das linhas com o intuito de minimizar os custos das operadoras e usuários, sendo o custo das operadoras advindo da quilometragem, a frequência exigidas pelo gestor municipal e o custo do usuário sendo a soma dos tempos de espera, tempo de viagem e eventuais penalidades.

III. METODOLOGIA

Utilizando os dados dos sistemas embarcados e informações gerais como população da localidade, número de veículos por habitante, número de habitantes por ônibus disponível, fizemos a dos dados e criaremos

uma tabela de regras simples que serão utilizadas num sistema de controle Fuzzy permitindo o monitoramento da qualidade do serviço dia-a-dia. Na Tabela I temos alguns fatores determinantes da qualidade do serviço na perspectiva do passageiro, em ordem de inversa de importância:

Tabela I: Parâmetros de qualidade

Peso	Fator
1	Estado de conservação
2	Higienização
3	Tempo de viagem
4	Excesso de lotação
5	Tempo de espera

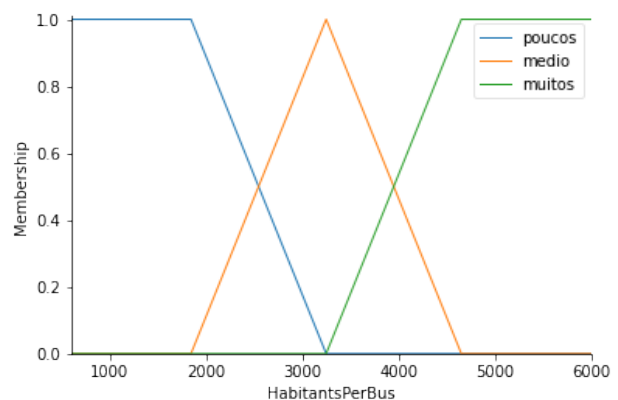
Na Tabela II os parâmetros utilizados na criação dos conjuntos Fuzzy e o universo de domínio:

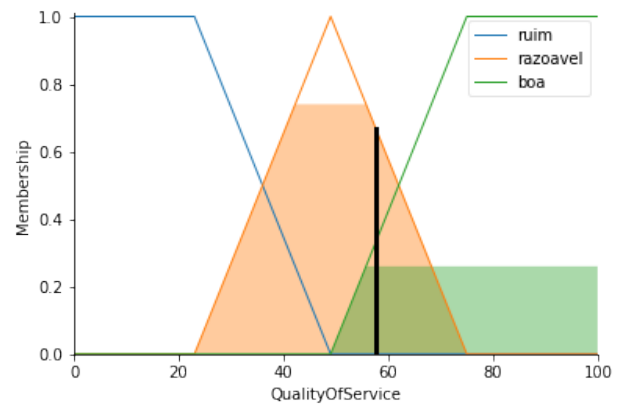
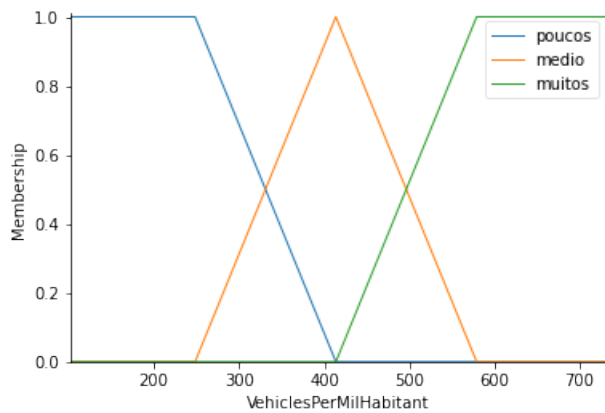
Tabela II: Parâmetros utilizados no código

Domínio	Fator
[5, 120]	Tempo de espera
[600, 6000]	Habitantes por ônibus
[102, 738]	Veículos por habitante

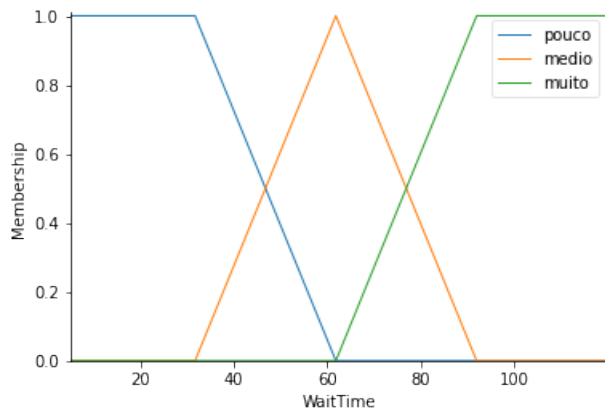
Onde, o tempo de espera é dado em minutos, quanto maior o tempo de espera menor a qualidade do serviço. O número de habitantes por ônibus é a população local dividida pelo número de ônibus em operação naquele dia, e o número de veículos por habitantes é o indicativo médio das cidades brasileiras obtido pelo PNAD-C/IBGE [6] [7]. Foi utilizado o método de defuzzificação centroide, método de acumulação máximo em um sistema de controle fuzzy. De um total possível de 54 regras, foram utilizadas 27, a metade. Não foram feito nenhum procedimento de otimização dessas regras nesse primeiro momento.

Abaixo temos os gráficos dos conjuntos Fuzzy. Esses conjuntos foram dimensionados matematicamente, sem o auxílio de um especialista na área de transporte público, em primeiro momento.

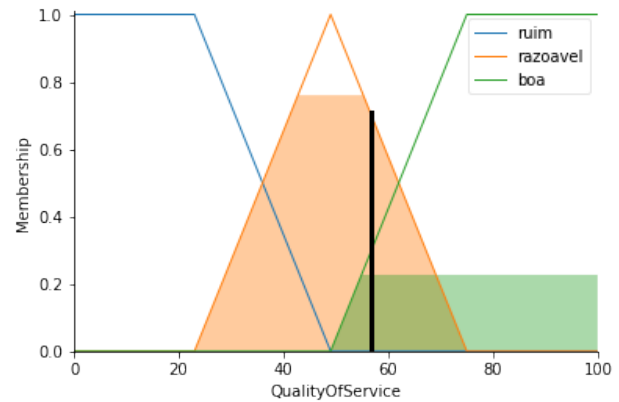




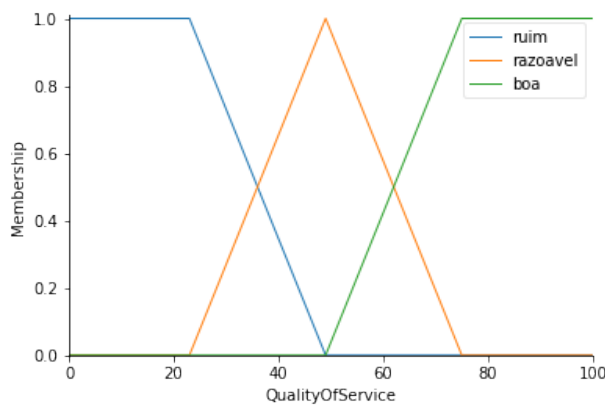
Teste para a cidade de Curitiba/PR



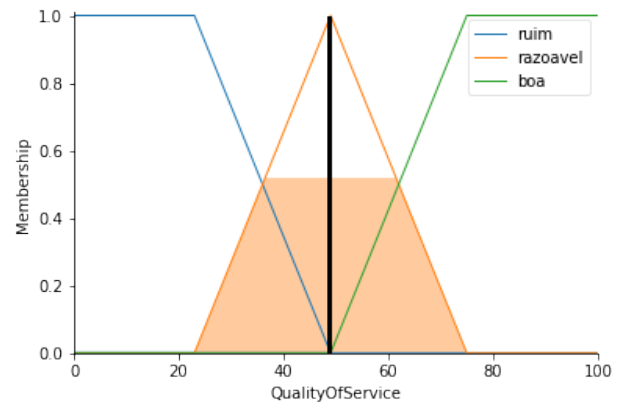
Salvador seguiu Curitiba, apresentando QOS também razoável e boa para o conjunto de dados [[374],[1338,5],[55]].



Salvador/BA



São Paulo registrou QOS razoável apesar de possuir mais de 12 mil ônibus em sua frota.



São Paulo/SP

Foram feitos testes com dados de 3 cidades brasileiras: Curitiba/PR, Salvador/Ba e São Paulo/SP, com dados do PNAD/IBGE, para número de veículos e população, e Moovit [8], dados de tempo de espera e frota.

IV. RESULTADOS

A cidade de Curitiba, cujos dados do vetor foram [[745],[1399,51],[54]], sendo rótulos [VehiclesPerMilHabitant], [HabitantsPerBus] e [WaitTime], respectivamente, apresentou Quality of Service entre razoável e boa.

Podem existir possíveis distorções no sistema, uma vez que cidades com número alto de veículos por mil habitantes pode gerar uma resposta de qualidade alta, no entanto, sabemos que quanto maior o número de veículos numa cidade, maior a quantidade de congestionamentos, de acidentes e, conseqüentemente, maior o tempo de espera. Todavia, o tempo de espera é um fator primordial na aferição da qualidade do serviço, isso nos faz cogitar a atribuição de pesos às regras como forma de equilibrar essas distorções. Outro ponto a observar é que, nos dados do PNAD para o número de veículos, são contabilizados motos e carros.

Esperamos com a classificação dos dados elaborar um modelo de simulação que auxilie na tomada de decisões pelos gestores do transporte público. Outros fatores que influenciam na qualidade e no custo da operação podem ser analisados e levados em conta no momento do planejamento das rotas, da frota e da composição de valor tarifário para o transporte público coletivo por ônibus.

REFERÊNCIAS

- [1] J. de Dios Ortúzar and L. Willumsen, *Modelling Transport*. Wiley, 2011. [Online]. Available: <https://books.google.com.br/books?id=qWa5MyS4CiwC>
- [2] W. C. do Carmo, "Modelagem e simulação de sistemas de transporte coletivo com ônibus - um estudo de caso em goiânia-go," *Universidade Federal de Goiás - UFG*, pp. 13–14, 2018.
- [3] ANTP, *Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus - Instruções Práticas*. ANTP, 2017.
- [4] —, *Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus - Método de Cálculo*. ANTP, 2017.
- [5] R. O. Arbex, "Projeto de redes otimizadas de transporte público por ônibus utilizando algoritmo genético," *Escola Politécnica - USP*, pp. 5–44, 2015.
- [6] "Pnad-c/ibge," <https://www.ibge.gov.br/>, 2019.
- [7] C. E. Weiss, "Em sc, 74,5% dos domicílios têm pelo menos um automóvel, maior proporção do país," <https://www.nsctotal.com.br/noticias/em-sc-745-dos-domicilios-tem-pelo-menos-um-automovel-maior-proporcao-do-pais>, 2019.
- [8] "Moovit," https://moovitapp.com/insights/pt-br/Moovit_Insights_ndice_sobre_o_Transporte_Pblico-waiting-time, 2019.