

Relações Fuzzy subsidiando o diagnóstico do transporte público pelo IQMU

RESUMO

Este trabalho objetiva descrever o uso de Relações Fuzzy para apoiar o diagnóstico do transporte público, baseando-se nos registros obtidos na terceira rodada para coleta de dados do Índice de Qualidade da Mobilidade Urbana (IQMU), ocorrida em abril/2021. Para se cumprir tal objetivo segue-se a metodologia apoiada em pesquisa exploratória e ex-post-facto, para diagnóstico baseado nas percepções dos usuários. Para teste e validação do uso das Relações Fuzzy na análise de causas e efeitos, propõe-se um estudo de caso. A modelagem usada para obtenção do IQMU e seus IQMs é quali-quantitativa, desenvolvida com Integrações-Fuzzy. A análise dos resultados do estudo de caso é baseada em duas relações Fuzzy que permitem a composição de ambas pelo método max-min. Dessa forma é possível visualizar os impactos do transporte público, pelo viés de seus usuários, em cinco cidades brasileiras, por nove atributos do transporte público, com três qualificadores obtidos pelo processamento dos dados do IQMU. Os resultados denotam como mediano e péssimo o nível de qualidade do transporte público nas cinco cidades analisadas e em todos os atributos, com destaque para Tarifa e Lotação identificados como “totalmente péssimo”. As cidades com melhores percepções, principalmente no quesito atendimento, são Brasília e São Paulo.

PALAVRAS-CHAVE: mobilidade urbana, transporte urbano, relações fuzzy, índice de qualidade.

Marcelo Prado Sucena

marcelosucena@gmail.com

Fundação Getúlio Vargas. São Paulo.
São Paulo. Brasil.

Marcus Vinicius Quintella Cury

marcus.quintella@fgv.br

Fundação Getúlio Vargas. São Paulo.
São Paulo. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Praticamente todos os aspectos da qualidade de vida nas grandes cidades estão ligados à mobilidade, que interfere no deslocamento de pessoas, matérias-primas e mercadorias. Nesse contexto, busca-se, também, que tal movimento possa ser limpo, eficiente, com minimizações de impactos negativos e geração de resíduos, além de ser acessível a todos.

A mobilidade urbana, registrada na Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), pela Lei Federal n. 12.587 de 2012, preconiza a necessidade de se elaborarem planos para efetivação dos princípios, diretrizes e objetivos desta Política, com foco no transporte coletivo e não motorizado.

Como se percebe de forma simplificada, a mobilidade é formada por um sistema composto por infraestrutura, por leis e normas para regulação e fiscalização, por serviços de transporte de passageiros e cargas, entre outras variáveis, que viabilize as condições necessárias para movimentação na vida urbana. Ou seja, a mobilidade urbana pode ser considerada causa, pois afeta a qualidade de vida nas cidades, mas também com consequência por sofrer diante da desordenada expansão urbana e irregular uso do solo.

Como tratado no PNMU, a mobilidade urbana sustentável passa pelo planejamento urbano de forma holística, com o incentivo, principalmente, dos transportes públicos como o braço estruturador e operacional. Pelo seu uso predominante, é possível reduzir-se congestionamentos, com consequente minimização de emissão de poluentes, redução de acidentes de trânsito, interferindo diretamente na melhoria na qualidade de vida nas cidades.

Atualmente, percebe-se que há falta de investimentos em infraestrutura e nos próprios ativos para transportes públicos, o que impacta diretamente na redução da sua qualidade devido, principalmente, à degradação acentuada por manutenção inadequada. Há então a migração da sociedade para os veículos particulares, que visa, de forma imediatista, à melhoria da sua qualidade de vida, mas atuando em sentido contrário em longo prazo, pois impacta negativamente no meio ambiente onde vivemos.

Entretanto sabe-se que para avaliar algo é necessário criar um diagnóstico sobre as condições atuais, principalmente pelo ponto de vista dos cidadãos, que possibilitem entender tendências que se apresentem. Para este monitoramento, é necessário interpretar e quantificar as diversas dimensões da mobilidade urbana, com propósito de subsidiar gestores com dados e informações relevantes, que permitam evidenciar causas e efeitos.

É fato que a opinião dos usuários habituais dos vários subsistemas que compõem a mobilidade serve para definir padrões de qualidade para efeito de planejamento, projeto e operação (RODRIGUES, 2006).

Nesse quesito, há convergência que o pensamento gerencial insere o cliente como o foco das organizações. Entender-lhes e buscar a sua satisfação não é uma opção, é uma questão de sobrevivência para qualquer empresa. A sua satisfação é o resultado de antecipar e superar as necessidades e expectativas implícitas e explícitas e deve ser a sua razão de ser. (CORDEIRO et al., 2005)

Pelo exposto, entende-se então que a definição de ferramentas de apoio ao processo decisório, que sirvam para mensurar, avaliar e monitorar a qualidade da

mobilidade, inicialmente, passa pela formação de base de dados que represente a condição de funcionamento do sistema, focado na percepção dos seus usuários.

É neste sentido que se insere o IQMU como instrumento fundamental para o registro de percepções da sociedade, que permite investigar, em vários níveis e especificidades sobre a mobilidade urbana. Em abril/maio de 2021 ocorreu a 3ª rodada para coleta de dados visando suprir um modelo matemático sustentado nos preceitos da inteligência artificial com base em Integrais-Fuzzy.

Em seu cerne o IQMU avalia o Transporte Público em nove atributos: tarifa, lotação, limpeza, conforto, segurança, acessibilidade, tempo de viagem, manutenção e atendimento. Em destaque neste trabalho, devido às maiores participações do público respondente, estão as cidades brasileiras Rio de Janeiro/RJ, São Paulo/SP, Brasília/DF, Belo Horizonte/MG e Vitória/ES.

Dessa forma, o principal objetivo deste artigo é propor o uso das Relações Fuzzy como método para apoiar a investigação da percepção dos cidadãos das referidas cidades, quanto ao transporte público, traduzindo conceitos vagos como percepções, sensações dos usuários, em valores objetivos e tangíveis.

2 METODOLOGIA PROPOSTA

Conforme Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa desenvolvida neste trabalho pode ser qualificada quanto a quatro aspectos: natureza, objetivos, procedimentos técnicos e abordagem do problema.

No que tange à natureza da pesquisa, considera-se como aplicada, haja vista que objetiva gerar conhecimentos pela aplicação de método de Relações Fuzzy que subsidiará o diagnóstico sobre o impacto do transporte público em cinco cidades brasileiras.

Quanto ao objetivo principal do trabalho, solidariamente está ligado a um estudo de caso para entendimento de como nove atributos do transporte público foram percebidos pelos respondentes em cinco cidades. A pesquisa também é classificada como exploratória, na qual se proporciona o diagnóstico sobre o transporte público por intermédio da coleta de dados, usando pesquisa do IQMU (3ª rodada) com seus usuários. Nesse mesmo viés é tomada também como pesquisa explicativa, pois preconiza a criação de sistema de monitoramento, ligando causas e efeitos pelo registro, análise, classificação de dados pesquisados.

Para os procedimentos técnicos aplicados ao estudo, que se relacionam à etapa anterior da abordagem deste artigo, existe a modelagem do IQMU em si e a coleta de dados para validação do referido, em que se pode destacar o seguinte:

A coleta de dados por intermédio de pesquisa com questionamento direto aos usuários da mobilidade, com o uso de meios eletrônicos pela internet. Para tanto é definida uma amostra mediante procedimentos estatísticos;

Na sequência, os dados coletados passam por análises quantitativas sobre as características dos respondentes, das viagens deles e, principalmente, com o uso do transporte público, que no IQMU é formado por registros de movimentações por ônibus público, bonde, veículo leve sobre trilhos, barca, trem urbano e metrô.

Quanto à aplicação das Relações Fuzzy, foco deste trabalho, são desenvolvidas duas Relações: i) Relação A, formada pelos atributos do transporte público

relacionados com a qualificação (ótimo, mediano e péssimo) que reflete a percepção do usuário; ii) Relação B, que apresenta os nove atributos do transporte público relacionados com as cinco cidades analisadas;

Ao se processar as Relações A e B obtém-se a Composição delas, formada outra Relação Fuzzy que conecta as cinco cidades analisadas com os qualificadores ótimo, mediano e péssimo. A Composição das Relações é processada pelo uso do método max-min.

Trata-se também por pesquisa ex-post-facto, pois é realizada a coleta de dados baseando-se na experiência vivida pelo usuário em certa condição diária e cotidiana, ou seja, depois dos fatos (a viagem em si), tentando explicá-la e entendê-la para se tratar do diagnóstico do transporte público nas cidades.

No que concerne à abordagem do problema, essa pesquisa é caracterizada como quali-quantitativa, a saber: é qualitativa, pois existe relação dinâmica entre o mundo real (da mobilidade) e o sujeito (usuário) como vínculo indissociável entre a subjetividade e a objetividade; é quantitativa, pela tradução das percepções dos usuários da mobilidade efetuada pelo modelo matemático, redundando em números e informações usados para classificá-las e analisá-las.

Sendo assim, entende-se que para se atingir o objetivo proposto faz-se necessário seguir os seguintes passos:

- 1) Por pesquisa exploratória, devem-se caracterizar:
 - a) Os nove atributos de controle do transporte público;
 - b) As métricas contidas nos atributos de controle que serão objeto de cada questionamento aos usuários das cinco cidades. Nesses atributos serão registrados os dados qualitativos que representam a subjetividade da percepção dos usuários.
- 2) Para modelagem da sistemática de coleta e processamento dos dados:
 - a) Elaboração de questionário para coleta de dados do IQMU solicitando resposta qualitativa para cada métrica (item 1.b);
 - b) Caracterização das métricas como variáveis de entrada (formato de variável Fuzzy);
 - c) Modelagem dos atributos segundo preceitos das Integrais-Fuzzy para formação do IQMU;
 - d) Caracterização das variáveis de saída (IQMs), incluindo o IQM do Transporte Público e seus nove atributos;
 - e) Após esta sequência, os dados para formação das Relações A e B estão disponíveis para análise e diagnóstico.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Controle da Mobilidade Urbana

A urbanização, se adequadamente gerida, pode contribuir positivamente para o desenvolvimento sustentável, impactando no desenvolvimento econômico-social e na conservação ambiental, suprindo as necessidades atuais, sem comprometer o atendimento às necessidades futuras da cidade.

Entretanto, a ausência ou limitações na fase de planejamento urbano sistêmico pode interferir no uso do solo, na acessibilidade, na interação social, em suma, no ordenamento para a reorganização urbana que implica nos usos eficazes dos transportes públicos e dos modos não motorizados, ou seja, nas políticas públicas relacionadas à mobilidade. Entende-se, então, que a maneira como o urbano é desenhado interfere na utilização que as pessoas dão ao próprio urbano.

Nesse aspecto, destaca-se a Lei nº 10.257 de 2001, denominada Estatuto da Cidade, que observa as políticas públicas urbanas para o ordenamento urbano generalizado, sendo guia aos municípios para execução da própria política urbana, segundo a Constituição Federal de 1988. Na sequência foram lançadas as políticas de habitação (Lei nº 11.124/2005), de saneamento básico (Lei nº 11.445/2007) e de resíduos sólidos (Lei nº 12.305/2010).

É então, por viés holístico, que em 2012 promulgou-se a Lei nº 12.587, que versa sobre a política de mobilidade urbana, ensejando pela organização e gestão pública integrada e o ordenamento das funções sociais da cidade para aperfeiçoamento da circulação de pessoas e cargas.

Na sequência foi promulgado o Estatuto da Metrópole (Lei nº 13.089/2015), que considera diretrizes para o planejamento, gestão e a execução das funções públicas em regiões metropolitanas e em aglomerações urbanas instituídas pelos Estados. Outra consideração sensível à mobilidade urbana é dada pela Lei nº 9.503/1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro.

Com a fixação dos conceitos de desenvolvimento sustentável nos seus vários marcos legais, conectando-se os desenvolvimentos econômico e social, além da conservação ambiental, associa-se ao que se denomina como Mobilidade Sustentável, que, na verdade, é causa e efeito do desenvolvimento sustentável. Os condicionantes vinculados ao processo de planejamento urbano, concernentes à mobilidade urbana sustentável, estão apresentados na Figura 1.

Como se percebe, tratar de mobilidade urbana é abordar o desenvolvimento urbano vinculado à qualidade de vida da sociedade. No sentido inverso, não tratar a mobilidade urbana de forma sistêmica e adequada geram-se impactos econômicos-sociais-ambientais severos, tais como desigualdades socioespaciais, reduções da renda e de emprego, entraves nos tratamentos de saúde e aumentos dos impactos ambientais no tecido urbano.

As redes formadas pelos vários modos de transporte público, além das vias, são estruturadoras operacionais e participam ativamente na configuração das cidades. A mobilidade urbana é entendida por ser um sistema capacitado operacionalmente por essas redes, contendo-se normas e regulamentos legais, dotados de procedimentos para regulação, fiscalização e controle.

Figura 1 - Dimensões da mobilidade urbana sustentável



Fonte: Adaptado de Carvalho e IPEA (2016).

Quanto ao controle dessas redes, a política de mobilidade urbana citada anteriormente considera, em seu Art.10, as diretrizes para contratação dos serviços de transporte público coletivo, onde se observa, no inciso I, a necessidade de se fixarem metas de qualidade e desempenho e as formas para controle e avaliação. Já no Art. 13 observa-se que o poder público delegante deve realizar atividades de fiscalização e controle dos serviços delegados. Assim sendo, como se nota, há a necessidade de controle efetivo dos aspectos da mobilidade, principalmente no que tange ao público coletivo.

Para Meyer e Gunther (2019), o controle é fundamental tanto na administração de organizações privadas quanto na administração pública, onde deve ser averiguada a eficácia das políticas públicas e o emprego de recursos públicos, tal como na mobilidade urbana. Os autores citam ainda que, no Brasil, são poucos os órgãos responsáveis pela gestão e controle de funções públicas de interesse comum como a mobilidade urbana, caracterizando, essa forma, posição fundamental das instituições privadas para análise e controle das partes que a compõem.

3.2 Atributos de controle da Mobilidade Urbana

Os atributos de controle da mobilidade urbana são obtidos pela investigação da literatura sobre o tema, destacando-se aqueles que são observados pela ótica dos seus usuários, ou seja, que estão vinculados às percepções, sensações.

Para Macedo, da Silva e Costa (2008), o sistema denominado de Mobilidade Urbana é formado por vários processos, como os de controle, que servem para monitorar e avaliar desempenho em relação aos objetivos planejados; e os de melhoria da qualidade, em que se definem formas alternativas de melhorar os

resultados do referido desempenho. Os mesmos autores qualificam as partes físicas do sistema de mobilidade urbana da seguinte forma:

- a. Meios de transporte urbano - motorizados e não motorizados;
- b. Serviços de transporte urbano - de passageiros (coletivo, público e privado, individual); e de cargas;
- c. Infraestruturas de mobilidade urbana - vias e logradouros públicos (inclusive ferrovias e hidrovias), incluindo calçadas, passarelas, passagens subterrâneas, faixas de pedestres, ciclovias e ciclofaixas; estacionamentos; terminais e estações, incluindo conexões; pontos para embarque e desembarque de passageiros e cargas; sinalização viária de trânsito; equipamentos e instalações (compreende ainda garagens e pátios); instrumentos de controle, fiscalização, arrecadação de taxas e tarifas e difusão de informações (por sistemas de informação).

A investigação dos atributos pertinentes ao controle iniciou-se com o uso da plataforma Google Acadêmico, com a chave “mobilidade urbana” “índice”, que resultou em 6.090 registros de trabalhos entre 2018 e 2020, em língua portuguesa. Com essas mesmas características, mas substituindo-se a chave “índice” por “controle”, obtêm-se 6.980 dados sobre fontes de pesquisa acadêmica. Entretanto, no cruzamento entre “mobilidade urbana”, Índice e Controle percebem-se 4.650 registros acadêmicos. Essa prévia permite notar que existem muitos estudos difundidos com o viés e averiguação das condições de mobilidade, nas várias vertentes possíveis.

Sem dúvida, o Índice de Mobilidade Urbana Sustentável (IMUS) é um dos mais considerados nos estudos nacionais de mobilidade. A pesquisa no Google Acadêmico usando a chave "mobilidade urbana" IMUS redundou em 195 resultados.

Sendo assim, para exemplificar a definição dos atributos de controle destacaram-se alguns estudos, como o de Kureke e Bernardis (2019) que cita o IMUS como auxiliar na análise e no monitoramento da mobilidade urbana e na elaboração de políticas públicas, composto de 87 indicadores agregados em 37 temas, sendo esses distribuídos em 9 domínios.

Em outro estudo, Kureke e Bernardis (2019) propõem adaptar IMUS para cidades de médio porte, aplicando essa nova versão em uma cidade de região metropolitana do estado do Paraná. Foram selecionados 76 indicadores, com os mesmos nove domínios do IMUS original. Os dados foram coletados por intermédio de visita de campo e por análise documental da própria prefeitura, objeto do estudo de caso.

Ferraz et al. (2020) também observam em seu estudo o IMUS como ferramenta de avaliação e diagnóstico para os aspectos de mobilidade. Ressaltam a aplicação nas cidades de Goiânia-GO, Uberlândia-MG, Curitiba-PR, Anápolis-GO e Brasília-DF, além do estudo original que aplicou em São Carlos-SP, mas propõem adaptações no índice nos aspectos ambientais e modos não motorizados, que consideram com maior peso na dimensão ambiental da mobilidade urbana.

Ainda com aplicação do IMUS, um dos mais difundidos meios para análise e controle da mobilidade urbana, Costa (2018) usa-o em um estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro com dados de 2016, quando ocorreram os Jogos Olímpicos e Paralímpicos, considerando os recursos aplicados em mobilidade urbana. Ferreira et al. (2018) também usam o IMUS em um estudo de caso, mas na cidade de Sinop-MT, com dados de 2015.

Como abordagem de modelo e metodologias baseando-se em indicadores de mobilidade urbana, com vieses econômico, social e ambiental, apresenta-se o trabalho de Pinto e Galvão (2018). Nele destaca-se o Índice de Mobilidade Urbana Sustentável (iMobs) baseado em conjunto de indicadores e no Índice de Efetividade da Gestão Municipal (IEGM), criado pelo Tribunal de Contas do Estado de São Paulo, visando mensurar a mobilidade urbana sustentável na cidade de Aparecida – SP. O iMobs fora aplicado em Goiânia-GO, São Carlos-SP e Porto Alegre-RS. Apesar da sua aplicação difundida em vários locais no Brasil, o iMobs retorna apenas três estudos quando pesquisado no Google Acadêmico.

A determinação de medidas e de cidades que sirvam de referência para estudos da mobilidade é um grande desafio, como destacam Tischer e Polette (2019). Eles ressaltam algumas referências positivas em controle efetivo da mobilidade, tais como Amsterdã, Copenhague, Portland, Nova York e Vancouver, Bogotá e Curitiba. Nesse sentido, acrescentam ainda os sistemas de avaliação e seus indicadores Urban Mobility Index, Copenhagenize Index, European Green Capital Award, Qualityof Living Ranking eWalk Score.

Um estudo que considera a medição por indicadores para mobilidade urbana, focado no estímulo ao cidadão e gestores públicos, é o tema de Rezende e Aro (2020). Os referidos indicadores estão vinculados ao Programa de Desenvolvimento Institucional Integrado (PDI), com identificação de metas aplicadas em vinte e três municípios no estado de Mato Grosso. Eles propõem, então, quatro índices no estudo de caso: de pavimentação de vias urbanas, de acidentes de trânsito, de áreas verdes e de acessibilidade dos espaços públicos.

Lima e Carvalho (2018) consideram a avaliação da qualidade e desempenho dos sistemas de ônibus urbanos concedidos pelos seus indicadores contratuais. Para tanto, tratam da revisão bibliográfica de contratos de transporte coletivo no Brasil como confronto com as boas práticas internacionais (Santiago, no Chile; Sydney, na Austrália; e Londres, na Inglaterra).

Em estudos anteriores a 2018 podem-se também destacar referências como Sucena et al. (2005), Rodrigues (2006), Sucena et al. (2006), NTU (2008), Rodrigues (2008) e Vasconcelos (2009). Neles abordam-se atributos de transportes, principalmente urbanos, para sua avaliação de qualidade e desempenho. Há convergência de vários atributos de controle do transporte, tais como: limpeza, conforto, segurança, acessibilidade, fluidez, tarifa, conservação, frequência, disponibilidade, confiabilidade e receptividade dos empregados das empresas do serviço.

Quando a abordagem dos atributos se dá pelas percepções de usuários da mobilidade urbana, podem-se ressaltar os estudos de Silva, Freire e Santos (2020), Da Costa e Pinheiro (2019), Guimarães et al. (2018), Batista (2018), Pereira (2018), Moura (2018) e Dos Santos et al. (2018), que tratam de alguma vertente da mobilidade, mas tomando como insumo a visão, percepção do usuário. Nota-se

alguma convergência com os atributos tratados no IMUS, iMobs e nos artigos citados no parágrafo anterior.

Tomando-se as abordagens de Macedo, da Silva e Costa (2008), para este trabalho considerar-se-ão os seguintes elementos físicos pertinentes à mobilidade urbana para formação do IQMU: a pé, bicicleta (própria ou alugada), motocicleta, automóvel particular, táxi (todos os tipos), veículos utilitários (van, kombi etc.), ônibus (público e fretado), bonde, veículo leve sobre trilhos (VLT), barca, trem urbano e metrô.

Sustentado nos estudos citados nesse subitem, unidos aos elementos físicos, chegam-se aos seguintes atributos associados ao controle da qualidade da mobilidade que formam o IQMU, especificamente aos relacionados ao Transporte Público (ônibus, trem, metrô, VLT, bonde, barca): segurança, limpeza, lotação, conforto, acessibilidade, conservação (condição da manutenção) das estações, terminais e paradas, headway, tarifa, fluidez e atendimento ao usuário.

Quanto às definições dos atributos de controle, considera-se o seguinte:

- a. Limpeza: inexistência de detritos que possam interferir na visão de cuidado, asseio com a aparência do ambiente;
- b. Conforto: ausência de tensão mental e/ou física e presença de experiências agradáveis. Os principais fatores que interferem no conforto são: ruído, iluminação, ventilação, suavidade da aceleração/desaceleração durante a viagem (para uso de veículos); disponibilidade de assentos (para uso de veículos); existência de abrigo para sol e chuva (no caso de estações/terminais/paradas); lotação; distância e altura para acesso/decesso ao veículo; largura das portas; temperatura.
- c. Segurança: ausência de acidentes ou de fatores de risco de acidentes, tal como a comunicação de contingências. Inclui a segurança dos usuários em relação a atos violentos cometidos contra eles em estações, terminais, paradas e veículos;
- d. Acessibilidade: possibilidade do acesso, da aproximação, da utilização e do manuseio de qualquer ambiente ou objeto, embarque, desembarque, movimento entre pontos em estações e paradas, incluindo para portadores de necessidades especiais;
- e. Fluidez: é a facilidade com que é realizado o transporte considerando a relação entre tempo e distância de viagem;
- f. Conservação: percepção sobre a condição de manutenção e estado de conservação dos veículos, estações, terminais e instalações visíveis;
- g. Atendimento aos usuários: empatia na comunicação efetuada diretamente por pessoas, efetuada nas estações, terminais, paradas e veículos. Pode ser também considerado pela adequada comunicação efetuada por equipamentos eletrônicos;

- h. Tarifa: instrumento para financiamento do transporte público, mas com alcance social, produtivo e de alocação de recursos de manutenção do sistema de transporte;
- i. Lotação: formada pela quantidade de passageiros no interior dos ativos móveis.

3.3 Relações Fuzzy

O marco sobre a Teoria Fuzzy ocorreu com a publicação do artigo Fuzzy Sets apresentado por Lofti A. Zadeh, na revista Information and Control – Volume 8, nas páginas 338 a 353, em 1965 (TANAKA, 1997).

Ross (1999) destaca que em conjuntos clássicos (crisp) a transição de um determinado elemento em um universo, entre ser membro e não-membro de um dado conjunto, é abrupta e bem-definida. Para um elemento em um universo que contém conjuntos Fuzzy, como os observados por Zadeh, essa transição pode ser transcrita como em uma fronteira subjetiva, na qual existe entre o pertencer e o não-pertencer a um dado conjunto.

Um conjunto Fuzzy A é então um conjunto de elementos que têm vários níveis de participação no conjunto (Graus de Pertinência), em certo universo de discurso $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, podem ser representados, segundo Tanaka (1997), de acordo com as expressões 1 e 2 expostas a seguir, onde $\mu_A(x_i)$ é o grau de pertinência do elemento i e x_i o valor do elemento i no universo de discurso X.

Das operações possíveis com conjuntos Fuzzy destacam-se a União e a Interseção. A União de dois conjuntos Fuzzy (por exemplo, A e B) resulta em um terceiro conjunto Fuzzy (por exemplo, C), representando-se a operação da seguinte forma:

$$C = A \cup B \text{ ou } C = A \text{ OU } B \quad (1)$$

A pertinência do conjunto Fuzzy C resultante é obtida pela seguinte expressão:

$$\mu_C(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad (2)$$

A Interseção de dois conjuntos Fuzzy, conforme exemplificado anteriormente, resulta em um terceiro conjunto Fuzzy, podendo-se expressar da seguinte forma:

$$C = A \cap B \text{ ou } C = A \text{ E } B \quad (3)$$

A pertinência do conjunto Fuzzy C resulta em:

$$\mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad (4)$$

As Relações Fuzzy generalizam o conceito dos conjuntos Fuzzy associando certo grau de pertinência no intervalo [0,1] entre dois elementos de uma relação R com n objetos (x_1, x_2, \dots, x_n), com domínios (X_1, X_2, \dots, X_n) respectivamente, como m outros objetos (y_1, y_2, \dots, y_m) com os respectivos domínios (Y_1, Y_2, \dots, Y_m), ou seja, $R: X \times Y \rightarrow [0,1]$ sendo 0 quando a relação não se aplica ou 1 para quando a relação se aplica totalmente. (ROSS, 2010). Esta relação R expressa a força da relação entre os pares ordenados dos dois conjuntos (X e Y) que não é medida com a função característica, mas com a função de pertinência que resulta nos graus de relação no intervalo [0,1].

Tomando-se então duas relações R e S, sendo $R: X \times Y \rightarrow [0,1]$ e $S: Y \times Z \rightarrow [0,1]$, é possível se determinar a composição entre elas por $T: X \times Z \rightarrow [0,1]$ utilizando-se a expressão 5, também conhecida como método max-min, com base em (2) e (4).

$$\mu_{R \otimes S}(x, z) = \bigvee_{y \in Y} \{\mu_R(x, y) \wedge \mu_S(y, z)\} \quad (5)$$

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Coleta de dados

Nesse trabalho, a qualidade da mobilidade urbana deve ser refletida pela percepção que os usuários têm quanto à qualidade. Para NTU (2008), os dados coletados devem referir-se às facilidades oferecidas e depende, em grande parte, de decisões operacionais tomadas num sistema de transporte sobre onde, com que frequência, em que período do dia e com que características o serviço deve ser oferecido.

Anderson et al. (1994) como citado em Fonseca et al. (2002) ressaltam que a satisfação do usuário é afetada por três antecedentes: qualidade percebida (atual avaliação de desempenho do sistema), preço (valor percebido) e expectativas. Neste trabalho, o viés é da Qualidade Percebida.

A pesquisa para capturar os dados de qualidade percebida pelos usuários da mobilidade urbana é considerada como de observação direta e extensiva, que utiliza um questionário disponível na internet, com perguntas de opinião, fechadas e de múltipla escolha. Cada respondente foi caracterizado por 6 questões que identificam o seu perfil, mas sem sua identificação por nome ou qualquer outro dado; 4 perguntas que qualificam a sua viagem cotidiana, em que se identifica o modo de transporte predominante; e outras questões específicas ao modo indicado, que se diferem em qualificação e quantidade. Todas as perguntas geram métricas que são associadas a atributos de controle da qualidade da mobilidade urbana.

Realizou-se um pré-teste para verificar se o instrumento de coleta de dados sugeria fidedignidade (se a aplicação em si não interfere no seu resultado), validade (se os dados coletados são estritamente necessários para a pesquisa) e operatividade (se o vocabulário é acessível e de significado claro).

Para se identificar o tamanho da amostra (n) definitiva a ser pesquisada, considerando-a finita, utilizou-se a expressão 6.

$$n = \frac{NZ^2pq}{E^2(n-1) + Z^2pq} \quad (6)$$

Onde:

n – tamanho da amostra;

N – população da cidade do Rio de Janeiro;

- Z – nível de confiança;
- p – probabilidade de sucesso;
- q – probabilidade de fracasso;
- E – margem de erro.

A primeira coleta de dados para o IQMU foi iniciada em outubro de 2020 (1ª rodada), que é repetida trimestralmente para geração de série histórica. Entretanto, os 644 dados que sustentam o diagnóstico proposto neste artigo referem-se à 3ª rodada, realizada em abril/2021.

Os respondentes foram caracterizados em cinco quesitos: se é portador de deficiência (PcD), a sua faixa etária, o nível da formação, o gênero e a cidade onde habita.

Quanto às viagens cotidianas foram observadas as seguintes questões: quantidade de transferências (baldeações), tempo de deslocamento total, motivo da viagem, modo de transporte com maior interferência no tempo e/ou distância entre origem e destino e a cidade onde se origina a movimentação.

Para a formulação do IQMU são consideradas as respostas específicas para cada modo de transporte, incluindo-se os modos que se traduzem em um grupo denominado Transporte Público.

4.2 Modelagem dos dados e das Relações Fuzzy

Por intermédio do processamento dos dados coletados na 3ª rodada que ocorrera em abril/2021, utilizando-se modelo matemático para cálculo do IQMU, geraram-se as notas dos nove atributos, nas cinco cidades, que compõem a variável de saída IQM do Transporte Público. Estes valores estão inseridos em escala numérica entre 0 e 10, sendo 10 a melhor condição. Por estes dados é possível modelar as Relações A e B para diagnóstico das cinco cidades, conforme preconizado no item 2 (Metodologia) deste trabalho.

A Relação A está exposta na figura 2, populada pelos graus de pertinência como ressaltado no subitem 3.3 (Relações Fuzzy).

Figura 2 – Relação A – Atributos x Qualificação

	Ótimo	Mediano	Péssimo
Tarifa	0,00	0,00	1,00
Lotação	0,00	0,00	1,00
Limpeza	0,00	1,00	0,00
Conforto	0,00	0,89	0,11
Segurança	0,00	1,00	0,00
Acessibilidade	0,00	1,00	0,00
Tempo de viagem	0,00	0,58	0,42
Manutenção	0,00	0,47	0,53
Atendimento	0,00	1,00	0,00

A Relação B é formada pelos mesmos nove atributos vinculados às cinco cidades observadas (Figura 3). Os dados desta relação referem-se às notas do IQM dos atributos quanto ao Transporte Público. Entretanto, é necessário que esta relação seja preenchida com graus de pertinência que são obtidos pela normalização dos valores do IQM dos atributos (Figura 4). Para se calcular a Composição das Relações Fuzzy A e B utiliza-se o método max-min denotado na expressão (5). O resultado da composição pode ser observado na Figura 5.

Figura 3 – Relação B – Atributos x Cidades (valores dos IQMs)

	Rio de Janeiro	São Paulo	Brasília	Belo Horizonte	Vitória
Tarifa	2,60	3,20	2,50	2,10	1,70
Lotação	2,60	2,80	2,10	1,90	1,70
Limpeza	3,80	4,80	2,10	4,40	2,60
Conforto	3,80	4,30	1,70	3,60	1,70
Segurança	4,20	5,10	2,30	5,00	2,70
Acessibilidade	4,30	4,30	4,60	4,80	4,60
Tempo de viagem	3,70	3,70	3,90	1,70	4,70
Manutenção	3,10	4,10	1,70	3,90	2,10
Atendimento	4,70	5,50	6,00	4,50	4,00

Figura 4 – Relação B – Atributos x Cidades (graus de pertinência)

	Rio de Janeiro	São Paulo	Brasília	Belo Horizonte	Vitória
Tarifa	0,21	0,26	0,21	0,17	0,14
Lotação	0,23	0,25	0,19	0,17	0,15
Limpeza	0,21	0,27	0,12	0,25	0,15
Conforto	0,25	0,28	0,11	0,24	0,11
Segurança	0,22	0,26	0,12	0,26	0,14
Acessibilidade	0,21	0,21	0,22	0,23	0,22
Tempo de viagem	0,22	0,22	0,23	0,10	0,27
Manutenção	0,21	0,28	0,11	0,26	0,14
Atendimento	0,19	0,22	0,24	0,18	0,16

Figura 5 – Composição de Relações Fuzzy

	Ótimo	Mediano	Péssimo
Rio de Janeiro	0,00	0,25	0,23
São Paulo	0,00	1,00	0,28
Brasília	0,00	0,24	0,21
Belo Horizonte	0,00	0,27	0,27
Vitória	0,00	0,18	0,18

4.3 Diagnóstico dos Resultados

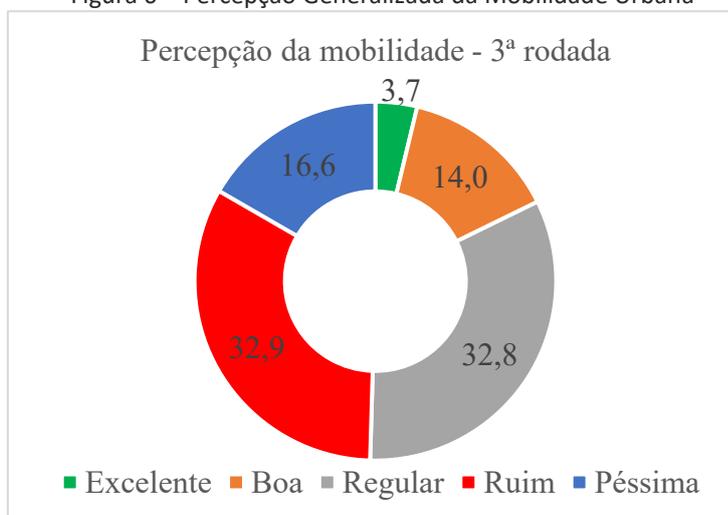
Antes do diagnóstico em si, baseando-se nos dados das relações denotadas nas Figuras 2, 4 e 5, cabem destacar os resultados que caracterizam o perfil dos respondentes da 3ª rodada do IQMU, bem como as condições das viagens deles.

Dos 644 registros acumulados, aproximadamente 98% não se identificam como pessoas com deficiência (PcD), quase 70% estão na faixa etária de 31 a 60 e mais de 66% são graduados e especialistas (pós-graduação lato sensu).

No que tange às viagens estabelecidas, ocorreram por um modo de transporte em 54% das anotações, implicando em aumento de quase 10% em relação às rodadas anteriores. Vale ressaltar também que mais de 85% das viagens destinaram-se para trabalho, sendo que 65% delas duraram até 1h, promovidas em quase 70% por automóvel particular e ônibus.

Ao final da pesquisa para obtenção dos dados para cálculo do IQMU, após a reflexão do respondente diante das perguntas anteriores, solicita-se a seguinte questão para ratificar a percepção generalizada sobre as condições da mobilidade: “Como você percebe a mobilidade na sua cidade?”. A visão dos respondentes está expressa na Figura 6, que destaca que aproximadamente 50% dos respondentes consideram a mobilidade da sua cidade como ruim/péssima; outros 49% classificam como boa/regular; e, somente, 3,7% percebem a mobilidade como excelente.

Figura 6 – Percepção Generalizada da Mobilidade Urbana



É possível confrontar essa percepção generalizada da mobilidade urbana pelos resultados externados na Figura 2, específicos para o Transporte Público e seus atributos, foco desse diagnóstico. O uso do transporte público, que para os preceitos da mobilidade sustentável deve ser estimulado, é um dos vilões pela ótica da sociedade. Como não se apresenta qualificado para atendimento da população das cidades, atua em sentido oposto, estimulando o uso de veículos particulares motorizados.

Essa falta de qualificação do transporte público é também ratificada pela observação dos graus de pertinência na Figura 2, na coluna ótimo, que não ultrapassam zero, ou seja, todos os atributos são classificados como mediano e péssimo. Dentre eles percebe-se como os usuários têm impacto com os quesitos

Tarifa e Lotação, que se traduz como “totalmente péssimo”; e para Limpeza, Segurança, Acessibilidade e Atendimento como “totalmente mediano”, todos com graus de pertinência iguais a 1,00. Observa-se também os itens Conforto e Tempo de Viagem, com preponderância da pertinência em Mediano; e Manutenção, de forma mais equilibrada, mas com preponderância de Péssimo.

Os valores dos IQMs registrados na Figura 3 para os atributos do Transporte Público, com viés nas cinco cidades, denotam que poucos resultados ultrapassam a nota média 5,00, com destaque para o atributo Atendimento nas cidades de São Paulo e Brasília, com notas 5,50 e 6,00, respectivamente. No sentido oposto, Vitória, Brasília e Belo Horizonte apresentam os menores valores, aproximando-se do limite inferior (zero) com nota 1,7. Vitória denota com os piores atributos a Tarifa, Lotação e Conforto; Brasília, ressalta as condições de conforto e Manutenção; e Belo Horizonte, no tocante ao Tempo de Viagem (Fluidez).

O resultado generalizado dos qualificadores nas cidades que estão na Figura 5 mostram que a visão dos usuários do transporte público está focalizada em Mediana e Péssima com certo equilíbrio dos graus de pertinência que estão na faixa 0,18 a 0,28, muito próximos de zero. O único resultado que não permite dividir as percepções é de São Paulo, que focaliza tendência para ser classificada como cidade mediana para o uso do transporte público pela sociedade paulistana.

5 CONCLUSÕES

Inicialmente, conclui-se que, a partir da metodologia proposta, foi possível atingir o objetivo principal proposto por este trabalho, com a geração de dados que permitem realizar um diagnóstico do transporte público em cinco cidades, considerando-se os seus nove atributos, pelo viés das percepções dos seus usuários.

O uso das Relações Fuzzy e da Composição delas permite gerar resultado generalizado, simplificando a visualização no sentido macro. Por isso, complementam-se as análises dos resultados denotados pelo IQMU e os IQMs dos modos de transporte. Tais resultados podem servir de instrumento para análises acadêmicas, bem como para órgãos públicos que tratam do planejamento urbano nas cidades brasileiras.

Quanto à análise dos resultados, não se esgotam as possibilidades de cruzamentos de dados, por intermédio de filtros, quanto às características dos respondentes e das suas viagens. Esse fato é indicativo de versatilidade e permite a ampliação de outros diagnósticos pertinentes para análise da mobilidade urbana e dos modos que permitem a sua operacionalização.

Fuzzy Relations subsiding the diagnosis of public transportation by IQMU

ABSTRACT

This paper describes the use of Fuzzy Relations to support the diagnosis of public transport, with records obtained in the third round for data collection of the Urban Mobility Quality Index, which took place in April/2021. In order to fulfill this objective, the methodology supported by exploratory and ex-post-facto research is followed, for diagnosis based on the users' perceptions. For testing and validation of the analysis of causes and effects, a case study is proposed. The model used to obtain the Index is quali-quantitative, developed with Fuzzy Integrals. The analysis of the case study results is based on two Fuzzy relations that allow the composition of both by the max-min method. In this way, it is possible to visualize the impacts of public transport, through the users' bias, in five Brazilian cities, through nine attributes of public transport, with three qualifiers obtained by processing the Index data. The results denote the level of quality of public transport in the five cities analyzed as medium and very bad, and in all attributes, with emphasis on the rate and capacity identified as "full bad". The cities with the best perceptions, especially in terms of customer service, are Brasília and São Paulo.

KEYWORDS: urban mobility, urban transport, fuzzy relations, quality index.

REFERÊNCIAS

Almeida, L.N., Moré, J.D., Villela, L.E. (2010) Avaliação Fuzzy Da Percepção De Empresários Do Apl De Moda Intima De Nova Friburgo Sobre O Desempenho Em Relação À Sustentabilidade Ambiental XIII Simpósio De Administração Da Produção, Logística E Operações Internacionais–SIMPOI.

Batista, B.B.(2018) Hierarquização Das Características Das Calçadas De Acordo Com A Percepção Dos Usuários (Trabalho De Conclusão De Curso De Engenharia Civil), Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Boente, Alfredo N. P.; Moré, Jesús Domech; Cosenza, Harvey José S. R.(2009) Avaliação Fuzzy da Qualidade de Produtos de Software numa Fundação Pública Estadual VI Simpósio De Excelência Em Gestão E Tecnologia.

Brasil, Lei N° 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui A Política Nacional De Resíduos Sólidos. Coleção Deleis Da República Federativa Do Brasil. Brasília, DF. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm

Brasil, Lei N° 11.124, de 16 de junho de 2005. Dispõe Sobre O Sistema Nacional De Habitação De Interesse Social – Snhis, Cria O Fundo Nacional De Habitação De Interesse Social – Fnhis E Institui O Conselho Gestor Do Fnhis. Diário Oficial Da União, Poder Executivo, Brasília, DF.

Brasil, Lei N° 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui As Diretrizes Da Política Nacional De Mobilidade Urbana; Revoga Dispositivos Dos Decretos-Leis Nos 3.326, De 3 De Junho De 1941, E 5.405, De 13 De Abril De 1943, Da Consolidação Das Leis Do Trabalho (Clt), Aprovada Pelo Decreto-Lei No 5.452, De 1o De Maio De 1943, E Das Leis Nos 5.917, De 10 De Setembro De 1973, E 6.261, De 14 De Novembro De 1975; E Dá Outras Providências.

Brasil, Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Diário Oficial Da República Federativa Do Brasil, Brasília, Outubro De 1988. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constitui-Cao/Constituicaocompilado.htm.

Brasil, Lei N°. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece Diretrizes Nacionais Para O Saneamento Básico; Altera As Leis Nos 6.766, De 19 De Dezembro De 1979, 8.036, De 11 De Maio De 1990, 8.666, De 21 De Junho De 1993, 8.987, De 13 De Fevereiro De 1995; Revoga A Lei No 6.528, De 11 De Maio De 1978; E Dá Outras Providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm

Brasil, Lei Nº 12.760, de 20 de dezembro de 2012. Altera A Lei Nº 9.503, De 23 De Setembro De 1997, Que Institui O Código De Trânsito Brasileiro. Brasília Recuperado de http://www.Planalto.Gov.Br/Ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12760.

Brasil, Lei Nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui O Estatuto Da Metrópole. Diário Oficial Da União, Brasília, Recuperado de <Http://Www2.Camara.Leg.Br/Legin/Fed/Lei/2015/Lei-13089--12-Janeiro-2015-780060-Publicacaooriginal-145925-Pl.Html>.

Carvalho, C.H.R. e IPEA - Instituto De Pesquisa Econ mica Aplicada (2016) Mobilidade Urbana Sustentável: Conceitos, Tendências E Reflexões Texto Para Discussão 2194 ISSN 1415-4765 Brasília, DF, Brasil.

Cordeiro, C. De O.; Machado, W. V.; Carvalho, R. L.; S., Heloisa M. B. C.; Dacol, S. (2005) A Visão Do Cliente Para Melhorias Da Qualidade Do Sistema De Transporte Coletivo Por  nibus XXV Encontro Nac. De Eng. De Produ o, Porto Alegre, RS, Brasil.

Costa, J. F. P. De A. S. (2018) Aplica o De Um  ndice De Avalia o Da Mobilidade Urbana Sustentável Na Cidade Do Rio De Janeiro (Disserta o Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica Do Rio De Janeiro, Departamento De Engenharia Civil, Programa De Pós-Gradua o Em Engenharia Urbana E Ambiental, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Da Costa, C. E. e Pinheiro, D. M. (2019) O Papel Dos Usuários Na Defini o De Políticas Públicas De Mobilidade Sustentável 29  Seminário De Inicia o Científica Da Universidade Do Estado De Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Deming, W. E. (1990) Qualidade: A Revolu o Da Administra o Editora Saraiva, 367p., ISBN:8585238151, São Paulo, SP, Brasil.

Dos Santos, M. C. M., Lopes, D. S., Da Silva, R., Lima, W. Dos S., Dos Santos, M. B. (2018) Avalia o Qualitativa Sob A  tica Dos Usuários Do Transporte Público Urbano De Tucuruí-PA, 32  Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transportes Da ANPET Gramado, RS, Brasil.

Ferraz, L. J., Cella, B. A. M., Domingos, R. M. A., Guarda, E. L. A. Da, Sanches, J.C.M. (2020)  ndice De Mobilidade Urbana Sustentável (IMUS) Para Os Aspectos Ambientais E Modos Não Motorizados Em Sinop-MTE&S -Engineering And Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/Es2020910059 Volume 1, Edi o 9.

Ferreira, P., Guarda, E. L. A., Leão, M., Sanches, J., Ohira, L.S. (2018) Índice De Mobilidade Urbana Sustentável (IMUS) Para O Domínio Planejamento Integrado Em Sinop-tem & S – Engineering And Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/Es201876143 Volume 2, Edição 7.

Fonseca, M. J.; Borges Jr., A. A. (2002) O Uso Da Pesquisa De Satisfação Do Consumidor Como Instrumento De Política Pública: O Potencial De Uso No Caso Do Transporte Coletivo De Porto Alegre Revista Interdisciplinar De Marketing, V.1, N.3, P. 38-50, Set./Dez.

Guimarães, M. A., Coelho Filho, L. E., Carvalho, W. L., Medran, R. M. A. Análise Da Percepção Da Qualidade Do Transporte Público Na Região Metropolitana De Goiânia 32º Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transportes Da ANPET, 2018, Gramado, RS, Brasil.

Ibáñez, D.E.S. (2018) Problemas De Valores De Contorno Envolvendo Teoria De Conjuntos Fuzzy(Tese De Doutorado) Universidade Estadual De Campinas Instituto De Matemática, Estatística E Computação Científica. Campinas, SP, Brasil.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (2012). Censo Brasileiro De 2010. Rio De Janeiro, RJ, Brasil.

Kureke, B. M. C. B.eBernardinis, (2019) M. De A. P. A Utilização De Índices E Indicadores Na Efetividade Da Política Nacional De Mobilidade Urbana Brasileira Revista Brasileira De Gestão E Desenvolvimento Regional. V. 15, N. 6, Edição Especial, P. 29-38, Nov.ISSN: 1809-239X.

Kureke, B. M. C. B. e Bernardinis, M. De A. P. (2019) Indicadores De Mobilidade Urbana Sustentável Para Cidades De Médio Porte: Uma Aplicação Em Cidade De Região Metropolitana Do Paraná Brazilian Journal Of Development Curitiba, V. 5, N. 9, P. 13910-13926 Sep. ISSN 2525-8761.

Lima, G.C. L. De S.e Carvalho, G.S.D. De (2018) Indicadores De Qualidade Na Regulação Do Transporte Coletivo Por Ônibus Suas Aplicações No Brasil 32º Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transportes – ANPET Nov. Gramado, RS, Brasil.

Macedo, M. H.; Da Silva, A. N. R. E Costa, M. D. S. (2008) Abordagem Sistemática Da Mobilidade Urbana: Reflexões Sobre O Conceito E Suas Implicações. Anais Do 3º Congresso Luso Brasileiro Para O Planejamento Urbano, Regional, Integrado E Sustentável - Pluris, Santos, SP, Brasil.

Meyer, B.e Gunther, H. F. (2019) Controle Externo E Políticas Públicas De Mobilidade urbana: O Caso Da Região Metropolitana Da Grande Florianópolis RGO -Revista Gestão Organizacional, V. 12, N. 4, P. 43-62, Set./Dez.ISSN 1983-6635.

Montevechi, J.A. Barra e Pinho, A. F. (1999) De Incertezas Em Algoritmos De Programação De Operações Encontro Nacional De Engenharia De Produção – ENEGEP.

Moura, L. S.(2018) A Percepção Do Nível De Serviços Do BRTTranscarioca Sob O Ponto De Vista Dos Usuários (Dissertação De Mestrado Em Engenharia Urbana E Ambiental), PUC-Rio, Rio De Janeiro, RJ, Brasil.

NTU - Associação Nacional Das Empresas De Transportes Urbanos (2008) Desempenho E Qualidade Nos Sistemas De Ônibus Urbanos Brasília, DF, Brasil.

Oliveira Jr., H. A. (1999) Lógica Difusa – Aspectos Práticos E Aplicações 192 Pgs. Editora Interciência, Rio De Janeiro, RJ, Brasil.

Ortega, N. R. Si. (2001) Aplicação Da Teoria De Conjuntos Fuzzy a Problemas Da Biomedicina (Tese De Doutorado), Universidade De São Paulo, Instituto De Física, São Paulo, SP, Brasil.

Pereira, J. I. Da S. (2018) Avaliação Da Qualidade Do Transporte Público Coletivo Por Ônibus Na Percepção Dos Usuários Da Universidade De Brasília (Trabalho De Conclusão De Curso De Engenharia Civil), Universidade De Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Pinho, A. F. De; Montevechi, J. A. B.e Pamplona, E. De O. (1997) Aplicação De Números Fuzzy Triangulares Em Análises De Investimentos Em Situações De Incerteza - Método Baseado Na Teoria Dos Jogos. Encontro Nacional De Engenharia De Produção – ENEGEP.

Pinto, L. A. M.e Galvão, H. M. (2018) Mobilidade Urbana Sustentável: Modelo Aplicado Para O Município De Aparecida-SP Revista De Administração Do Unifatea, V. 17, N. 17, Jul./Dez.

Prodanov, C. C. e Freitas, E. C. De (2013) Metodologia Do Trabalho Científico [Recurso Eletrônico]: Métodos E Técnicas Da Pesquisa E Do Trabalho Acadêmico, 2. Ed. – Novo Hamburgo, RS, Brasil.

Rezende, D. S., De Aro, E. R. (2020) Análise Dos Indicadores De Mobilidade Urbana No Programa De Desenvolvimento Institucional Integrado — PDI. Revista

Prumo, V. 5, N. 8, Mar. ISSN 2446-7340. Recuperado de <http://Periodicos.Puc-Rio.Br/Index.Php/Revistaprumo/Article/View/1170>.
DOI: <Http://Dx.Doi.Org/10.24168/Revistaprumo.V0i8.1170>.

Rodrigues, M. A. e Serratini, J. A. (2008) A Qualidade No Transporte Coletivo Urbano XXII Anpet – Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transportes, Ceará, Brasil.

Rodrigues, M. O. (2006) Avaliação Da Qualidade Do Transporte Coletivo Da Cidade De São Carlos (Dissertação De Mestrado Em Engenharia De Transportes), Universidade De São Paulo, 85p., São Carlos, SP, Brasil.

Ross, T. J. (1999) Fuzzy Logic With Engineering Applications Ed. McGraw-Hill, USA.

Ross, T. J. (2010) Fuzzy logic with engineering applications. 3rd ed. British, Ed., Publisher.

Sá, I. I. R. De; More, J. D., Fernandes, C. A. (2007) Um Enfoque Fuzzy Para Avaliação Das Ações Empresariais Segundo A Percepção Do Consumidor Área Gestão Social E Ambiental IV Simpósio De Excelência Em Gestão E Tecnologia.

Shaw, I. S. e Simões, M. G. (1999) Controle E Modelagem Fuzzy 1ª Ed. Edgard Blucher-FAPESP, São Paulo, SP, Brasil.

Silva, M. B. Da (2020) Um Estudo Sobre Operações Aritméticas Com Números Fuzzy (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal De São Carlos -UFSCAR Centro De Ciências Exatas E Tecnologias Programa De Pós-Graduação Em Ensino De Ciências Exatas, São Carlos, SP, Brasil.

Silva, N. O. Da; Freire, F. De S.; Santos, S. De S. (2020) Políticas Públicas De Mobilidade Urbana: A Percepção Do Usuário Do Transporte Público No Distrito Federal: The Perception Of The User Of Public Transportation In The Federal District. R3 - Revista De Pesquisa Em Políticas Públicas, N. 2, 29 Abr. ISSN: 2317-921X.

Sucena, M. P.; Da Silva, V. L.; Pereira, A. L.; Portugal, L. Da S. (2005) Uma Aplicação Da Lógica Fuzzy Para A Melhoria Da Mobilidade Urbana Focada No Usuário XIISIMPEP – Simpósio De Engenharia De Produção, Bauru, SP, Brasil.

Sucena, M. P.; Pereira, A. L. (2006) Modelo Fuzzy, Baseado Em Indicadores De Sustentabilidade, Para Avaliação Da Qualidade Ambiental: O Caso Do Bonde De Santa Teresa IIPluris - Congresso Luso Brasileiro Para Planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável, Braga, Portugal.

Tanaka, K. (1997) An Introduction To Fuzzy Logic For Practical Applications Springer-Verlag, New York, USA.

Tischer, V. e Polette, M. (2019) Sistema De Avaliação De Cidades De Referência Em Transportes E Mobilidade Urbana Sustentável. Cad. Metrop. [Online]. Vol.21, N.45, Pp.481-509. Epub June 03, 2019. ISSN 2236-9996.

Vasconcelos, A. S. Da S. (2009) As Percepções Dos Usuários Sobre A Qualidade Do Transporte Público De Passageiros No Município De Betim – MG (Dissertação De Mestrado Profissional Em Administração), Faculdades Integradas Dr. Pedro Leopoldo, 100p., Pedro Leopoldo, RS, Brasil.

Recebido: 06 dez. 2021.

Aprovado: 24 jan. 2022.

DOI: 10.3895/rbpd.v11n2.14473

Como citar: SUCENA, M. P.; CURY, M. V. Q. Relações Fuzzy subsidiando o diagnóstico do transporte público pelo IQMU. **R. bras. Planej. Desenv.** Curitiba, v. 11, n. 02, p. 556-577, mai./ago. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Marcelo Prado Sucena

Av. das Nações Unidas, 12.495 - Edifício Condomínio Nações Unidas - Anexo 01 (Térreo, 1º e 2º Andar) - Berrini, São Paulo - SP

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

