

Aplicação de Técnicas Multivariadas para Análise da Influência das Variáveis Socioeconômicas no Nível de Satisfação dos Usuários de Transporte Público Urbano

Application of Multivariate Techniques for Analysis of the Influence of Socioeconomic Variables on the Satisfaction Level of Public Transport Users

Aplicación de Técnicas Multivariadas para el Análisis de la Influencia de las Variables Socioeconómicas en el Nivel de Satisfacción de los Usuarios del Transporte Público

Marianna Lucinda de Oliveira

Mestra em Engenharia de Produção
Univ. Federal de Itajubá (UNIFEI)
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão (IEPG)
mariannaoliveira@unifei.edu.br

Laryssa de Andrade Mairinque

Mestra em Engenharia de Produção
Univ. Federal de Itajubá (UNIFEI)
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão (IEPG)
laryssamairinque@unifei.edu.br

Josiane Palma Lima

Profa.Univ. Federal de Itajubá (UNIFEI)
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão (IEPG)
jplima@unifei.edu.br

RESUMO

O Transporte Público Urbano (TPU) é um grande aliado na busca por estratégias de mobilidade urbana sustentável, e aumentar sua demanda é primordial. Uma das formas de se aumentar a demanda pelo TPU é por meio de um serviço de qualidade que promova a satisfação de seus usuários. Esse artigo investiga como o nível de satisfação dos usuários em relação aos indicadores de qualidade do TPU é influenciado por suas características socioeconômicas. A metodologia se baseia na modelagem com a utilização dos métodos Principal Component Analysis (PCA) e Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). O levantamento de dados foi realizado por meio de um questionário com 220 usuários de TPU urbano por ônibus em Itajubá, MG. Os indicadores foram desenvolvidos por meio de uma revisão da literatura e agrupados em 12 componentes pela aplicação do PCA. Os resultados da aplicação da MANOVA demonstram o gênero e a escolaridade como variáveis significativas no nível de satisfação dos usuários do TPU. Os resultados contribuem para o desenvolvimento de políticas públicas e diretrizes para a empresa prestadora do serviço na melhoria do sistema de TPU.

Palavras-Chave: Transporte Público Urbano; Análise dos Componentes Principais; Análise Multivariada da Variância; Nível de satisfação.

ABSTRACT

Public Transport (PT) is a great ally in the search for sustainable urban mobility strategies, and increasing its demand is essential. One of the ways to increase the demand for PT is through a quality service that promotes the users' satisfaction. This article investigates how the level of users' satisfaction in relation to the quality indicators of PT is influenced by their socioeconomic characteristics. The methodology is based on modeling using the Principal Component Analysis (PCA) and Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) methods. The data collection was carried out through a questionnaire with 220 users of urban PT by bus in Itajubá, MG. The indicators were developed through a literature review and grouped into 12 components by applying the PCA. The results of the application of MANOVA demonstrate gender and education as significant variables in the level of satisfaction of users of PT. The results contribute to the development of public policies and guidelines for the company provided the service in improving the PT system.

Keywords: Urban Public Transport; Principal Component Analysis; Multivariate Analysis of Variance; Satisfaction level.

RESUMEN

El Transporte Público (TP) es un gran aliado en la búsqueda de estrategias de movilidad urbana sostenible, y aumentar su demanda es primordial. Una de las formas de incrementar la demanda de TP es a través de un servicio de calidad que promueva la satisfacción de sus usuarios. Este artículo investiga cómo el nivel de satisfacción de los usuarios en relación con los indicadores de calidad del TP se ve influido por sus características socioeconómicas. La metodología se basa en el modelado utilizando los métodos de Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis de Varianza Multivariante (MANOVA). La recolección de datos se realizó a través de un cuestionario con 220 usuarios de TP urbano en bus en Itajubá, MG. Los indicadores se desarrollaron a través de una revisión de la literatura y se agruparon en 12 componentes mediante la aplicación

del PCA. Los resultados de la aplicación de MANOVA demuestran el género y la educación como variables significativas en el nivel de satisfacción de los usuarios de TP. Los resultados contribuyen al desarrollo de políticas públicas y lineamientos para la empresa proveedora del servicio en la mejora del sistema de TP.

Palabras clave: Transporte Público Urbano; Análisis de los Componentes Principales; Análisis de Varianza Multivariado; Nivel de satisfacción.

1 INTRODUÇÃO

A atividade de transporte aumenta em todo o mundo ao passo que as economias crescem, sendo um elemento chave do desenvolvimento econômico e do bem-estar humano (RIBEIRO et al., 2007). Porém, tal crescimento está também atrelado ao rápido aumento do uso de veículos particulares, que ocorre devido as vantagens de melhor acessibilidade e conveniência (CHIOU et al., 2015). Políticas que buscam uma transferência de modo de viagem são defrontadas por estilos de vida e hábitos estabelecidos em torno do uso do automóvel, e o seu contínuo predomínio em grande parte do mundo é fonte de grande preocupação para o ambiente global e para a saúde das cidades (VIJ et al., 2013). Lima e Machado (2019) ressaltam que os ambientes urbanos devem ser bem planejados, possibilitando o uso por todas as pessoas e não beneficiando um grupo em detrimento de outro nem propagando um acesso desigual.

Assim, o Transporte Público Urbano (TPU), como trens e ônibus, ou ainda, a caminhada e bicicleta, são modos alternativos de viagens que têm a capacidade de fornecer uma mobilidade urbana sustentável (CHAPMAN, 2007; VIJ et al., 2013). Nos últimos anos, ocorre também um aumento nas opções de mobilidade da população, como o transporte sob demanda e novas

tendências de micromobilidade de rápido crescimento, como as e-bikes e e-scooters, sendo ótimas opções de deslocamento em viagens, principalmente de curta distância, e por serem uma alternativa mais limpa do que os carros (DAVIES et al., 2020).

Contudo, apesar dessas novas disposições de modos de viagem, o TPU é ainda uma das principais alternativas para o deslocamento em massa e de longas distâncias. O TPU fornece um serviço de mobilidade acessível e sustentável ao público e é essencial para a vitalidade econômica e bem-estar da sociedade, principalmente na promoção da equidade, considerando que afeta amplamente a mobilidade da população desfavorecida de transporte (ZUO et al., 2020). Para Abenoza et al. (2017), o uso do TPU é uma prioridade no mundo atual frente ao crescimento urbano contínuo, questões ambientais, competição por espaços limitados e longas distâncias de deslocamento. Porém, é verificada constantemente a diminuição ou estagnação no uso do TPU em diversos países (CHAKRABARTI, 2017; TEMBE et al., 2018; LIU et al., 2019). No Brasil, a demanda por ônibus, que corresponde a maioria dos deslocamentos por TPU no país, sofre com a queda nos últimos 20 anos, perdendo cerca de 35,6% dos

passageiros pagantes, tendo um agravamento de 2014 a 2018 em uma redução média acumulada de 25,9% dos usuários, justificando, em partes, o aumento recorrente da tarifa em muitos municípios (NTU, 2018). Em 2019, comparado a 2018, houve a redução de mais 4,3% dos passageiros, que, em partes, é afetada pelo crescimento do transporte responsivo à demanda no país (NTU, 2019).

Diante da necessidade de reter os usuários existentes e atrair novos usuários, o investimento na qualidade do TPU é essencial (FATIMA E KUMAR, 2014; BATTY *et al.*, 2015; DIEZ-MESA *et al.*, 2016; GUIRAO *et al.*, 2016; ABENOZA *et al.*, 2017). Barcelos *et al.* (2017) destacam ainda que tais investimentos devem ser focados na satisfação dos usuários. Devido à importância de se considerar a percepção e expectativa do usuário, a principal forma de avaliar a qualidade do serviço de TPU é por meio de pesquisa de satisfação (DE OÑA; DE OÑA, 2015). De Oña e De Oña (2013) afirmam que a opinião dos usuários é heterogênea e dependente de diversos fatores e estratificar a amostra constitui uma boa estratégia para reduzir a heterogeneidade e identificar os fatores que influenciam na percepção do usuário. Dessa forma, entendendo que o nível de satisfação dos usuários é um fator chave para o aumento da qualidade e atratividade do TPU, esse trabalho tem como objetivo avaliar como o nível de satisfação dos usuários do TPU é influenciado por suas características socioeconômicas, utilizando técnicas estatísticas multivariadas. Para isso, foi realizada uma pesquisa de satisfação com usuários de TPU por ônibus, onde o objeto de estudo foi a cidade de Itajubá, localizada

no Sul do estado de Minas Gerais, com aproximadamente 100.000 habitantes.

2 QUALIDADE PERCEBIDA DO TRANSPORTE PÚBLICO

Uma maneira apropriada de facilitar a demanda por bens ou serviços específicos é aumentando o número de clientes, bem como a frequência de viagens (EKINCI *et al.*, 2018). Para Para isso, é essencial conhecer e quantificar as variáveis mais influentes na disposição dos clientes de viajar no TPU (DELL'OLIO *et al.* (2011). A percepção de qualidade do TPU pode ser avaliada por meio de pesquisas de satisfação de clientes, que para de Oña e de Oña (2015) é a principal metodologia para coletar as opiniões dos usuários. Weng *et al.* (2018) apontam que a realização de pesquisas de satisfação dos usuários de forma precisa auxilia no planejamento operacional dos sistemas de TPU e em processos de tomada de decisão.

Os usuários avaliam a qualidade do serviço de TPU com base em suas percepções e expectativas, e também por meio de medidas de desempenho que avaliam a capacidade do operador em oferecer os serviços satisfazendo suas perspectivas (DIEZ-MESA *et al.*, 2016). O cliente do sistema e das empresas operadoras, como o usuário do TPU, deve ter o direito a um serviço que lhe proporcione satisfação e o motive a continuar utilizando o sistema de TPU (Ferraz e Torres, 2004; Lima *et al.*, 2019). Para Yang *et al.* (2018) é possível tomar medidas para melhorar sentimentos subjetivos dos viajantes, principalmente quando é difícil melhorar o tempo e o custo do TPU.

Diversos estudos apresentam pesquisas de satisfação dos usuários, porém, são observadas diferenças na coleta e tratamento dos dados. Maraglino et al. (2014) descrevem as principais variáveis que influenciam a qualidade percebida pelos usuários de TPU em Santander, Espanha, avaliando por meio de um modelo multinomial probit ordenado, a média do nível de satisfação em relação a diversos indicadores, dentre eles frequência, cobertura da área de serviço, tarifa, conectividade, instalações para carregar bagagens, informação no ônibus e nos pontos, acessibilidade, segurança, limpeza, conforto, lotação e características do motorista. Os autores Grisé e El-geneidy (2017) apresentam um método para avaliar espacialmente os dados da pesquisa de satisfação do cliente com o serviço de ônibus em bairros de diferentes níveis de condição socioeconômica. Aplicando o PCA, os critérios de satisfação foram agrupados em três categorias: satisfação durante a viagem e no interior do ônibus; satisfação com o desempenho e qualidade do serviço; e satisfação com o ponto de ônibus e abrigo. Ekinci et al. (2018) analisaram o mercado de passageiros marítimos em Istambul, na Turquia, utilizando a análise fatorial e análise de cluster, de acordo com o nível de satisfação em relação a diversos indicadores de qualidade do TPU e das variáveis socioeconômicas idade, gênero, nível de educação e frequência de viagem. Birago et al. (2017) buscaram explorar as razões por trás da não preferência dos passageiros pelo TPU em Accra, Gana, avaliando a percepção do nível de serviço em relação a variáveis como confiabilidade, frequência, acessibilidade, tempo de viagem, facilidade de transporte, preço, estado do veículo, segurança,

conforto e estética.

No Brasil, os autores Antunes e Simões (2013) avaliaram o nível de satisfação dos usuários do TPU em três cidades localizadas no estado do Paraná em relação a diversos atributos de qualidade, entre eles, acessibilidade, características dos veículos e das paradas de ônibus, comportamentos dos funcionários, segurança, confiabilidade, tempo de viagem, lotação, sistema de informação e pontualidade. Ferraz e Torres (2004) apontam a acessibilidade, frequência, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, características dos veículos e das paradas, sistemas de informação, comportamento dos operador e estado das vias como parâmetros importantes que afetam a qualidade do TPU por ônibus no Brasil.

Portanto, para atrair mais clientes é importante definir e conhecer as categorias de usuários, por serem fatores integrantes da melhoria geral da qualidade do serviço oferecido. (DELL'OLIO *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2015) . Maraglino *et al.* (2014) complementam que é necessário definir as variáveis mais importantes que determinam a qualidade do sistema, dentre as muitas que contribuem para as percepções do usuário. Melhorar o desempenho percebido de um serviço de TPU específico aumenta a satisfação do cliente e a frequência de viagens, considerado então um fator chave para a expansão do seu uso (EKINCI *et al.*, 2018)

3 METODOLOGIA

A abordagem da pesquisa é classificada como quali-quantitativa e a metodologia de análise dos

dados é a modelagem matemática. Para Bertrand e Fransoo (2002) a modelagem permite a construção de modelos objetivos que expliquem parte do comportamento dos processos reais ou que possam capturar problemas de tomada de decisão na vida real. Em relação as técnicas utilizadas para a análise dos dados, tem-se o PCA (Principal Component Analysis) que é uma técnica estatística de análise multivariada que modifica linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original (HONGYU et al., 2016). Para a seleção de quais componentes principais seriam mantidos na análise foi adotada uma proporção acumulada de explicação mínima de 80%, que, segundo Johnson e Wichern (1998), é uma porcentagem da variação total comumente considerada em muitos casos de modelos estudados.

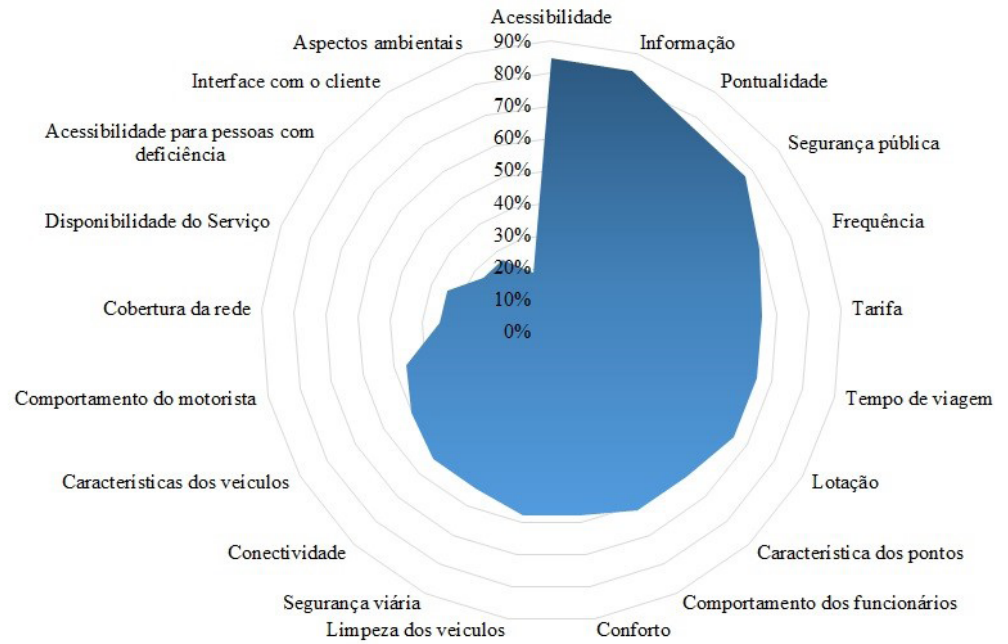
Em seguida, foi utilizada a MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) para efetivamente avaliar como o nível de satisfação dos usuários do TPU é influenciado por suas características socioeconômicas. A MANOVA é uma análise estatística composta por várias variáveis

independentes para determinar se elas são impactadas por um ou mais fatores (WENG *et al.*, 2018). Os trabalhos de Mahmoud e Hine (2013) utilizaram a técnica para investigar a variação nas preferências de usuários atuais e potenciais em relação a 29 indicadores utilizados para avaliar a qualidade do sistema de TPU e de Weng et al. (2018) avaliam variáveis como tipo de ônibus, linhas e paradas, além de características pessoais, como finalidade da viagem, renda, idade e tempo, para verificar quais fatores influenciam na satisfação do TPU.

3.1 ESTRUTURAÇÃO DO QUESTIONÁRIO E COLETA DE DADOS

Para a estruturação do questionário, foi realizada uma revisão da literatura dos indicadores mais utilizados para avaliar a qualidade de um sistema de TPU, apresentada no trabalho de Dos Santos et al. (2019), que considerou dois indicadores a mais, relacionado à adaptação dos veículos e dos pontos de ônibus para Pessoas com Deficiência (PcD). Com a revisão foi possível verificar a frequência com que os estudos abordam diversos indicadores de qualidade do TPU. A Figura 1 apresenta os indicadores encontrados na literatura, bem como a frequência com que esses indicadores foram utilizados.

Figura 1 - Frequência em que os indicadores foram utilizados nos trabalhos analisados



Fonte: Autores (2019)

A maioria dos indicadores teve alta taxa de citação, sendo que apenas 5 foram avaliados em menos de 40% dos artigos, sendo estes: cobertura da rede; disponibilidade do serviço; acessibilidade para Pessoas com Deficiência (PcD); interface com o cliente; e aspectos ambientais. Vale destacar os indicadores acessibilidade, informação, pontualidade, segurança pública, e frequência, que foram avaliados em, respectivamente, 88%, 85%, 81%, 77% e 73% dos artigos. De Oña e

De Oña (2013) afirmam que, apesar de não haver um consenso sobre os indicadores que devem ser utilizados para avaliar a qualidade, estes estão entre os mais comuns. Para esse estudo, foram selecionados 20 indicadores para serem avaliados pelos usuários no questionário, pois se mostraram relevantes na literatura pesquisada em mais de 40% dos artigos revisados. A Tabela 1 demonstra os indicadores utilizados e suas definições.

Tabela 1 - Indicadores abordados no trabalho

Indicadores	Definição
Idade	Idade da frota veicular
Limpeza	Nível de limpeza dos veículos
Conforto	Nível de conforto dos veículos
Informação (veículos)	Disponibilidade de informação dentro dos veículos
Acessibilidade	Facilidade de se ter acesso ao serviço – quantidade de pontos
Existência de bancos	Disponibilidade de assentos nos pontos de ônibus
Existência de cobertura	Disponibilidade de cobertura nos pontos de ônibus
Sinalização	Disponibilidade de placas de indicação dos pontos de ônibus
Informação (pontos)	Disponibilidade de informação nos pontos de ônibus
Tempo de viagem	Tempo gasto para chegar ao destino final
Frequência	Intervalo de tempo entre dois ônibus
Pontualidade	Cumprimento dos horários pré-estabelecidos
Lotação	Quantidade de passageiros no interior dos veículos
Segurança pública	Nível de segurança quanto a crimes durante a viagem
Segurança viária	Nível de segurança quanto a acidentes de trânsito
Tarifa	Valor monetário da viagem
Cordialidade dos funcionários	Postura dos funcionários durante o serviço
Habilidade de direção dos motoristas	Desempenho dos motoristas na direção
Integração tarifária	Possibilidade de pagar apenas um valor tarifário para mais de uma viagem dentro de um período de tempo preestabelecido
Intermodalidade	Possibilidade de integração entre dois ou mais modos de transporte

Fonte: Autores (2020)

É observado que a maioria dos indicadores foram aplicados de forma direta, já outros foram desmembrados para melhor entendimento do entrevistado, como a informação, que foi avaliada nos veículos e nos pontos de ônibus. A característica do veículo foi avaliada pela idade veicular e as características do ponto de ônibus pela existência de banco e de cobertura. No questionário foram solicitados os seguintes dados socioeconômicos dos entrevistados: gênero, faixa etária, escolaridade, ocupação, tipo de pagamento, renda domiciliar, frequência de uso do TPU e posse de outros modos de transporte. Em seguida, foi realizada a avaliação dos indicadores em relação ao nível de satisfação, utilizando uma escala Likert variando de 1(péssimo) a 5(excelente). Guirao *et al.* (2016) relatam que a escala Likert de 5 pontos é a mais

adotada em pesquisas de satisfação para avaliar a qualidade do serviço de TPU.

O cálculo do tamanho da amostra foi feito como no trabalho de (PINHEIRO *et al.*,2012), considerando como desvio padrão amostral a satisfação média de cada indicador, o nível de confiança de 95% e o valor médio de usuários por dia de 9.411, resultando na necessidade de 210 amostras. A técnica de coleta dos dados utilizada foi por meio de entrevistas com usuários, em diferentes horários e locais da cidade, visando homogeneidade na amostra. Para medir a confiabilidade interna do questionário, foi utilizado o teste de Alfa de Cronbach (α), que varia entre 0 e 1, sendo o valor de 0,7 o mínimo aceitável, representando boa consistência interna e que os dados realmente refletem a realidade do

objeto (WENG *et al.*, 2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa pesquisa foram coletadas 220 amostras e o teste de Alfa de Cronbach resultou no valor de 0,8032, confirmando a confiabilidade interna do questionário. A caracterização da amostra mostra que a proporção de mulheres e homens entrevistados é quase de 80:20, retratada pela dificuldade na abordagem do sexo masculino para realizar a pesquisa, que informaram, na maioria das vezes, preferirem realizar seus deslocamentos a pé ou de bicicleta.

Para faixas etárias, a maioria dos entrevistados (66%) tem entre 20 e 59 anos. A escolaridade tem predominância do ensino médio e ensino superior/pós-graduação e a ocupação se divide principalmente entre trabalho e estudo. Quase 80% dos entrevistados possuem renda domiciliar mensal de até 3 salários mínimos, evidenciando a necessidade de subsídios por parte dos órgãos competentes que visem tornar este serviço mais acessível para as pessoas que possuem rendas mais baixas. A distribuição amostral da pesquisa é sintetizada na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição amostral

	Variável	Frequência	Porcentagem
Gênero	feminino	174	79,09%
	masculino	46	20,91%
Faixa etária	15 - 19	54	24,55%
	20 - 35	62	28,18%
	36 - 59	84	38,18%
	> 60	20	9,09%
Escolaridade	básico	20	9,09%
	fundamental	30	13,64%
	médio	108	49,09%
	superior/pós graduação	62	28,18%
Ocupação	trabalho	133	60,45%
	estudo	57	25,91%
	aposentado	13	5,91%
	desempregado	17	7,73%
Pagamento	comum	70	31,82%
	estudante	44	20,00%
	gratuito	16	7,27%
	vale transporte	90	40,91%
Renda domiciliar mensal	até R\$998,00	45	20,45%
	R\$998,00 - R\$2994	124	56,36%
	R\$2995,00 -R\$5988,00	41	18,64%
	>R\$5989,00	10	4,55%
Uso do TP	frequentemente	162	73,64%
	ocasionalmente	34	15,45%
	raramente	24	10,91%
Posse de outros modos de transporte	possui	181	82,27%
	não possui	39	17,73%

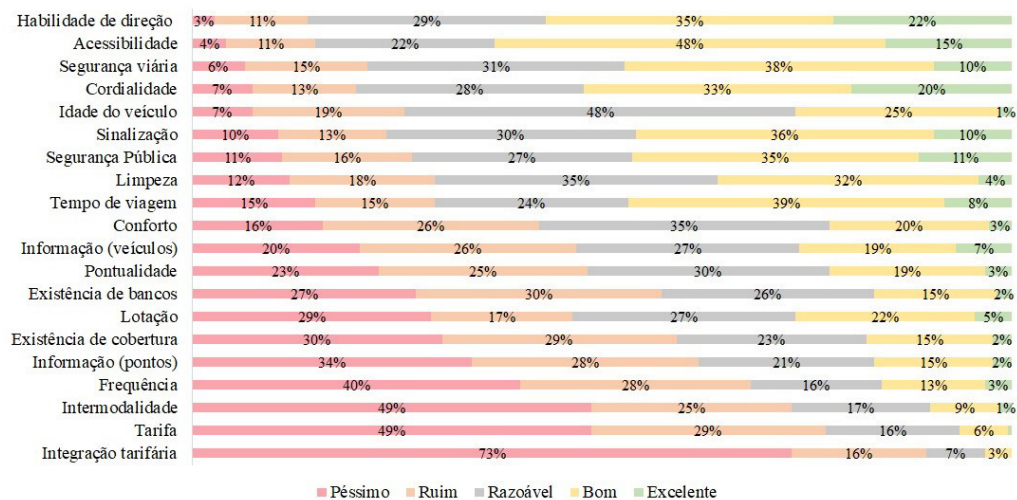
* questionado a posse de carro, moto e/ou bicicleta na residência

Fonte: Autores (2020)

Em relação a posse de outros modos de transporte na residência, somente 18% dos entrevistados afirmaram não possuir nenhum outro modo e, dentre os que possuem, 46% possuem somente um modo de transporte, sendo 20% carro, 20% bicicleta e 6% motocicleta. A representação dos que possuem

dois tipos de modo de transporte na residência é de 25% e apenas 11% dos entrevistados possuem os três tipos de modo de transporte. Em relação ao nível de satisfação, a Figura 2 apresenta a percepção da qualidade do TPU pelo julgamento dos usuários na cidade avaliada.

Figura 2 - Nível de satisfação geral dos indicadores de qualidade do TPU



Fonte: Os autores (2020)

A integração tarifária e a tarifa foram os indicadores com os menores níveis de satisfação, retratando a situação real do objeto de estudo, em que o ônibus é o único modo de TPU disponível, prestado por uma única empresa contratada e, ainda não é oferecido nenhum tipo de integração tarifária. A cidade analisada é considerada de médio porte e o valor tarifário atual é de R\$ 4,00 para as linhas urbanas e R\$ 4,50 para as linhas rurais. Segundo a ANTP (2016), cidades nesse porte são percorridos, em média, 2,7 km por pessoa por dia utilizando o TPU, enquanto para cidades com mais de 1 milhão de habitantes são percorridos o valor médio de 8,1 km, a um custo próximo ao da cidade de

Itajubá (por exemplo, R\$ 4,30 em São Paulo e R\$ 4,50 em Curitiba). Porém, existem outros fatores que impactam no valor da tarifa e, como ressaltado por Redman (2013) e Birago et al. (2017), apesar de ser um fator importante, somente o valor da tarifa não é suficiente para garantir o aumento da demanda.

As características dos pontos de ônibus, como a disponibilidade de informação e de cobertura de proteção também foram mal avaliados. Ambos aspectos são características presentes somente nos pontos de ônibus centrais da cidade. Em Portland, nos Estados Unidos, um guia desenvolvido para estabelecer as diretrizes do

planejamento dos pontos de ônibus ressalta que a primeira impressão que se tem do serviço de TPU por ônibus é feita analisando os pontos, ressaltando a importância de se oferecer pontos que sejam facilmente identificados, seguros, acessíveis e confortáveis (TRIMET, 2010). Os aspectos relacionados a fatores humanos, como a habilidade de direção dos motoristas e cordialidade dos funcionários se destacaram com boas avaliações. Tais aspectos são bastante utilizados para avaliação do TPU e possuem influência na satisfação geral do serviço prestado. Isto pode ser verificado nos trabalhos de Guirao et al. (2016), Mouwen (2015), Maraglino et al. (2017), Bajčetić et al. (2018), que constataram a importância desses indicadores.

Os resultados de avaliação da qualidade do TPU variam de acordo com a realidade do local onde o sistema opera, como a heterogeneidade e com a divergência na percepção dos

usuários no processo de avaliação. Estas características também são evidenciadas por De Oña e De Oña (2013), Diez-Mesa et al. (2016), Abenoza et al. (2017) e Grisé e El-Generidy (2017). Estes autores destacam a necessidade de entender como diferentes variáveis impactam na percepção do usuário. Para tal compreensão, nesse trabalho foi utilizada a técnica MANOVA. Inicialmente foi verificada a existência de correlação entre os indicadores do nível de satisfação dos usuários do TPU por ônibus na cidade estudada. Os resultados apresentaram a necessidade de se abordar o problema através de uma análise estatística multivariada, visto que a maioria dos pares de indicadores possuem correlação significativa entre si, apresentando um p-valor menor do que 0,05. Assim, foi aplicado o PCA para os indicadores, como forma de reduzir a dimensão do problema estudado. Os resultados obtidos pela aplicação do PCA são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Análise de componentes principais

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Autovalor	4,415	2,032	1,408	1,263	1,081	1,013	0,934	0,881	0,548	0,793
Proporção	0,022	0,102	0,070	0,063	0,054	0,051	0,047	0,044	0,042	0,040
P acumulada	0,221	0,323	0,393	0,456	0,510	0,561	0,608	0,652	0,694	0,734

	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18	PC19	PC20
Autovalor	0,712	0,709	0,676	0,601	0,553	0,530	0,456	0,428	0,349	0,318
Proporção	0,036	0,035	0,034	0,030	0,028	0,027	0,023	0,021	0,017	0,016
P acumulada	0,769	0,804	0,838	0,868	0,896	0,922	0,945	0,967	0,984	1,000

Fonte: Autores (2020)

Com os resultados obtidos pelo PCA, foi possível verificar que 12 dos componentes principais foram responsáveis por representar uma proporção acumulada de explicação de mais de 80% das informações contidas nos indicadores do nível de satisfação dos usuários. Portanto,

esses foram os componentes principais selecionados para a aplicação da MANOVA, que buscou verificar a variação no nível de satisfação dos usuários do TPU devido às suas características socioeconômicas. Os resultados obtidos, baseado no critério de

Wilks's, demonstrando o p-valor para cada característica avaliada é apresentado na Tabela 4.

A partir dos resultados, foi possível perceber que o gênero e a escolaridade foram as características socioeconômicas que influenciaram significativamente no nível de satisfação dos usuários, por apresentarem p-valor menor do que 0,05. De modo similar, Sarkar e Mallikarjuna (2017) apontam o gênero, a escolaridade e a idade

como significativos na explicação das variáveis latentes observadas para a escolha do modo de transporte. Han et al. (2018) apontaram o gênero, bem como renda mensal, finalidade e distância da viagem como fatores que influenciam na escolha pelo transportes público ou privado, sendo que um maior grau de satisfação do ônibus, principalmente em relação à segurança, conforto e conveniência, tende a ser positivo na escolha do TPU ao viajar.

Tabela 4 - Resultados da MANOVA

Característica socioeconômica	Estatística de teste	F	Num	Graus de liberdade	P-valor
Gênero	0,895	1,838	12	188	0,045
Faixa etária	0,773	1,403	36	556	0,063
Escolaridade	0,767	1,450	36	556	0,046
Ocupação	0,797	1,236	36	556	0,166
Pagamento	0,859	0,818	36	556	0,767
Renda domiciliar	0,825	1,039	36	556	0,409
Frequência de uso	0,914	0,722	24	376	0,830
Posse de veículo motorizado	0,905	1,646	12	188	0,082
Posse de bicicleta	0,956	0,718	12	188	0,733

Fonte: Autores (2020)

De Oña e De Oña (2013) adotaram a diferença no gênero ao avaliar a qualidade do serviço de ônibus, e verificaram que os indicadores influenciados pelo gênero são, principalmente, segurança, pontualidade e horário, para os homens, enquanto para as mulheres está a velocidade, frequência e horário. Além disso, os autores abordaram uma importante questão ao afirmar que os principais atributos que afetam a qualidade do serviço tendem a mudar ao longo dos anos e dependem também do segmento em estudo.

5 Conclusão

A partir de um estudo de caso real, este trabalho verificou por meio de

uma estrutura de análise multivariada como o nível de satisfação em relação aos indicadores de qualidade é influenciado pelas características socioeconômicas dos usuários. A aplicação do PCA permitiu reduzir a dimensão do problema estudado de 20 indicadores para 12 componentes principais que apresentaram uma proporção acumulada de explicação de mais de 80% das informações contidas nos indicadores do nível de satisfação dos usuários. A análise MANOVA aplicada aos 12 componentes principais permitiu verificar que as variáveis gênero e escolaridade influenciam significativamente no nível de satisfação dos usuários do TPU por ônibus.

É notório que, além da identificação

do nível de satisfação de diversos indicadores da qualidade de um sistema de transporte público, é importante verificar quais características dos usuários impactam no seu julgamento e fornecer subsídios técnicos que favoreçam a melhoria dos indicadores, atuando também na satisfação de usuários com características socioeconômicas específicas, que são pessoas que podem potencializar o uso do TPU. Tais subsídios técnicos auxiliam as políticas públicas na promoção do TPU, e também a empresa prestadora do serviço a buscar melhorias no fornecimento do serviço. Este trabalho contribui também para pesquisas acadêmicas na área de qualidade do TPU e com a demonstração de análises estatísticas multivariadas de dados. Recomendações de trabalhos futuros incluem a identificação de outros fatores que possam contribuir para o entendimento do nível de satisfação, como aspectos do ambiente construído e localização geográfica dos usuários.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PLURIS | 9º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável de 7 a 9 de abril de 2021 e ao CNPq, à FAPEMIG e à CAPES pelo apoio financeiro concedido aos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABENOZA, R. F.; CATS, O.; SUSILO, Y. O. Travel satisfaction with public transport: Determinants, user classes, regional disparities and their evolution. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, p. 64–84, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.11.011>.

tra.2016.11.011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos - Relatório comparativo 2003/2014. 2016. Disponível em: http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade-comparativo-2003_2014.pdf Acesso em: Fevereiro de 2019.

ANTUNES, E. M.; SIMÕES, F. A. Engenharia urbana aplicada: um estudo sobre a qualidade do transporte público em cidades médias. *Revista brasileira de gestão urbana*. p. 51–62, 2013. <http://dx.doi.org/10.7213/urbe.05.002.SE04>.

BAJČETIĆ, S.; TICA, S.; ŽIVANOVIĆ, P.; MILOVANOVIĆ, B.; ĐOROJEVIĆ, A. Analysis of public transport users ' satisfaction using quality function deployment : Belgrade case study. *Transport*, v. 33, n. 3, p. 609–618, 2018. <https://doi.org/10.3846/transport.2018.1570>.

BARCELOS, M.; LINDAU, L. A.; PEREIRA, B. M.; DANILEVICZ, Â. D. M. F.; TEN CATEN, C. S. Inferindo a importância dos atributos do transporte coletivo a partir da satisfação dos usuários. *Transportes*, v. 25, n. 5, p. 36, 2017. <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i3.1336>.

BATTY, P.; PALACIN, R.; GIL, A. G. Challenges and opportunities in developing urban modal shift. *Travel Behaviour and Society*, v. 2, p. 109–123, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tbs.2014.12.001>.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management

- research methodologies using quantitative modeling. *Operations management research*, 22(2), 241–264, 2002. <https://doi.org/10.1108/01443570210414338>.
- BIRAGO, D.; MENSAHB, S. O.; SHARMA, S. Level of Service Delivery of Public Transport and Mode Choice in Accra , Ghana. *Transportation Research Part F*, v. 46, p. 284–300, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2016.09.033>.
- CHAKRABARTI, S. How can public transit get people out of their cars? An analysis of transit mode choice for commute trips in Los Angeles. *Transport Policy*, 54 (November 2016), 80–89, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.11.005>.
- CHAPMAN, L. Transport and climate change: a review. *Journal of Transport Geography*, 15(5), p. 354–367, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.008>.
- CHIOU, Y. C.; JOU, R. C.; YANG, C. H. Factors affecting public transportation usage rate: Geographically weighted regression. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, p. 161–177, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.016>.
- DAVIES, N.; BLAZEJEWSKI, L.; SHERRIFF, G. The rise of micromobilities at tourism destinations. *Journal of Tourism Futures*. 2020. <https://doi.org/10.1108/JTF-10-2019-0113>.
- DE OÑA, J.; DE OÑA, R. Quality of service in public transport based on customer satisfaction surveys: A review and assessment of methodological approaches. *Transportation Science*, 49(3), p. 605–622, 2015. <https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0544>
- DE OÑA, R.; DE OÑA, J. Analyzing transit service quality evolution using decision trees and gender segmentation. *WIT Transactions on the Built Environment*, 130, p. 611–621, 2013. <https://doi.org/10.2495/UT130491>.
- Dell’Olio, L.; Ibeas, A.; Cecin, P. The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, 18(1), p. 217–227, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.08.005>.
- DIEZ-MESA, F.; DE OÑA, R.; DE OÑA, J. The Effect of Service Attributes’ Hierarchy on Passengers’ Segmentation. A Light Rail Transit Service Case Study. *Transportation Research Procedia*, 18(June), p. 234–241, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.032>.
- DOS SANTOS, J. B.; LIMA, J. P.; OLIVEIRA, M. L. Estudo de indicadores de qualidade para Transporte Público Urbano. *ENEGEP 2019 - Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. 2019. https://doi.org/10.14488/enegep2019_tn_sto_291_644_38302.
- EKINCI, Y.; URAY, N.; ÜLENGİN, F.; DURAN, C. A segmentation based analysis for measuring customer satisfaction in maritime transportation. *Transport*, 33(1), p. 104–118, 2018. <https://doi.org/10.3846/16484142.2015.1079800>.
- FATIMA, E.; KUMAR, R. Introduction of public bus transit in Indian cities. *International Journal of Sustainable Built Environment*, v,3 p. 27–34, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.06.001>.
- FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G.

- E. *Transporte público urbano*. São Carlos, ed: Rima, 2004.
- GRISÉ, E.; EL-GENEIDY, A. Evaluating the relationship between socially (dis) advantaged neighbourhoods and customer satisfaction of bus service in London , *Journal of Transport Geograph*, v. 58, p. 166–175, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.11.016>
- GUIRAO, B.; GARCÍA-PASTOR, A.; LÓPEZ-LAMBAS, M. E. The importance of service quality attributes in public transportation: Narrowing the gap between scientific research and practitioners' needs. *Transport Policy*, 49, p. 68–77, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.04.003>.
- HAN, Y.; LI, W.; WEI, S.; ZHANG, T. Research on Passenger's travel mode choice behavior waiting at bus station based on SEM-logit integration Model. *Sustainability (Switzerland)*, 10(6), 2018. <https://doi.org/10.3390/su10061996>.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; DE OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering and Science*, 5(1), p. 83-90, 2016.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. *Madison: Prentice Hall International*, 816p, 1998.
- LIMA, J.P.; MACHADO, M. H. Walking accessibility for individuals with reduced mobility: A Brazilian case study. *Case Studies on Transport Policy*, 7, p. 269–279, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.02.007>.
- LIMA, J.P.; LOBATO, K.C.D.; LEAL, F.; LIMA, R.S.. Urban solid waste management by process mapping and simulation. *Pesquisa Operacional*. vol.35 no.1. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0101-7438.2015.035.01.0143>.
- LIMA, J.P., INÁCIO, P.P.A., LEAL, F. Service levels of highway toll plazas: The influence of factors on manual customer service. *Production*. Vol. 29. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20180032>
- LIU, Y.; WANG, S.; XIE, B. Evaluating the effects of public transport fare policy change together with built and non-built environment features on ridership: The case in South East Queensland, Australia. *Transport Policy*, 76, p. 78–89, 2019.
- MAHMOUD, M.; HINE, J. Using AHP to measure the perception gap between current and potential users of bus services. *Transportation Planning and Technology*, 36(1), p. 4–23, 2013. <https://doi.org/10.1080/03081060.2012.745316>.
- Maraglino, V.; Dell'Olio, L.; Borri, D.; Portilla, A. I. Methodology for a Study of the Perceived Quality of Public Transport in Santander. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 160(Cit), p. 499–508, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.163>.
- MOUWEN, A. Drivers of customer satisfaction with public transport services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 78, p. 1–20, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.005>.
- NTU (Associação Nacional de Empresas de Transportes Urbanos). Anuário de 2018-2019. Brasília, 76p. 2019. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/>

- Pub637020043450950070.pdf> Acesso em Agosto de 2020.
- NTU (Associação Nacional de Empresas de Transportes Urbanos). Anuário de 2017-2018. Brasília, 76p. 2018. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub636687203994198126.pdf>> Acesso em Agosto de 2020.
- PINHEIRO, J. I. D. *Probabilidade e estatística: quantificando a incerteza*. Rio de Janeiro: Elsevier, 544 p., 2012.
- REDMAN, L.; FRIMAN, M.; GARLING, T.; HARTIG, T. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy*, v. 25, p. 119–127, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.11.005>.
- RIBEIRO, K.; KOBAYASHI, S.; BEUTHE, M.; GASCA, J.; GREENE, D.; LEE, D. S.; MUROMACHI, Y.; NEWTON, P. J. *Transport and its infrastructure*, cap 5, p. 324-385, 2007.
- SARKAR, P. P., MALLIKARJUNA, C. Effect of perception and attitudinal variables on mode choice behavior : A case study of Indian city , Agartala. *Travel Behaviour and Society*. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2017.04.003>.
- TEMBE, A.; NAKAMURA, F.; TANAKA, S.; ARIYOSHI, R.; MIURA, S. The demand for public buses in sub-Saharan African cities: Case studies from Maputo and Nairobi. *IATSS Research*, 43(2), p. 122–130, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2018.10.003>.
- TRIMET. Bus Stops Guidelines. Final report. 2010 Disponível em: https://nacto.org/docs/usdg/bus_stop_guidelines_trimet.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2019.
- VIJ, A.; CARREL, A.; WALKER, J. L. Incorporating the influence of latent modal preferences on travel mode choice behavior. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 54, p. 164–178, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.07.008>.
- WENG, J.; DI, X.; WANG, C.; WANG, J.; MAO, L. A bus service evaluation method from passenger's perspective based on satisfaction surveys: A case study of Beijing, China. *Sustainability (Switzerland)*, 10(8), p. 1–15, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10082723>.
- YÁÑEZ, M. F.; RAVEAU, S.; ORTÚZAR, J. D. D. Inclusion of latent variables in Mixed Logit models : Modelling and forecasting. *Transportation Research Part A*, 44, p. 744–753, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.07.007>.
- YANG, Y.; WANG, C.; LIU, W.; ZHOU, P. Understanding the determinants of travel mode choice of residents and its carbon mitigation potential. *Energy Policy*, 115(March 2017), p. 486–493, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.033>.
- ZUO, T.; WEI, H.; CHEN, N. Promote transit via hardening first-and-last-mile accessibility: Learned from modeling commuters' transit use. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102446>.