

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Estudo de variáveis socioeconômicas, do ambiente  
construído e da qualidade percebida como contributos  
para a demanda do Transporte Público Urbano**

**Marianna Lucinda de Oliveira**

**Itajubá, fevereiro de 2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Marianna Lucinda de Oliveira**

**Estudo de variáveis socioeconômicas, do ambiente  
construído e da qualidade percebida como contributos  
para a demanda do Transporte Público Urbano**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Itajubá, como parte dos  
requisitos necessários para a obtenção do título de  
Mestre em Ciência em Engenharia de Produção.**

**Área de concentração:** Engenharia de Produção

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Josiane Palma Lima

**Fevereiro de 2021**

**Itajubá**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Marianna Lucinda de Oliveira**

**Estudo de variáveis socioeconômicas, do ambiente  
construído e da qualidade percebida como contributos  
para a demanda do Transporte Público Urbano**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 18 de  
fevereiro de 2021, conferindo à autora o título de  
**Mestre em Ciência Engenharia de Produção.**

**Banca Examinadora**

Profa. Josiane Palma Lima, Dra. (Orientadora)

Profa. Juliana Helena Daroz Gaudencio, Dra.

Profa. Barbara Stolte Bezerra, Dra.

Itajubá

2021

# DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha amada filha Helena, ao meu amado esposo Michael e aos meus queridos pais, Marilza e Paulo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre guiar a minha vida, me concedendo a força e saúde necessárias para cumprir os meus propósitos.

Agradeço a minha filha Helena, que é a minha fonte de alegria. Agradeço ao meu esposo, Michael, que sempre me incentivou, esteve ao meu lado e se dedica tanto a nossa família.

Agradeço à minha mãe, Marilza, por todo apoio e amor comigo e com nossa família e ao meu pai, Paulo, que também não mede esforços para ver nossa família bem e feliz. Vocês são a minha base, meu exemplo. Aos meus irmãos Paulo e Daiana, obrigada pelo apoio e companheirismo.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos que torcem por mim e me desejam o bem, inclusive a família do meu esposo, obrigada pelo incentivo e apoio nessa trajetória.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Josiane Palma Lima, pela orientação e por todo o conhecimento compartilhado, sempre disposta a me ajudar e a me incentivar.

Aos amigos do GEPE LogTrans, agradeço imensamente todo o conhecimento e dia-a-dia compartilhado, não citarei os nomes para não correr o risco de esquecer alguém. Porém, a Júlia, eu gostaria de fazer um agradecimento especial, pois esse trabalho não teria se desenvolvido sem o seu apoio, desde o início sempre muito solidária as minhas dúvidas e angústias, obrigada por toda a contribuição e companheirismo.

Agradeço, aos amigos que pude fazer no programa de mestrado, pelo conhecimento compartilhado e convivência nas disciplinas.

Agradeço a esta instituição, UNIFEI, que me acolheu e proporcionou novos horizontes em minha carreira. Sou muito grata a todos os professores, pelo conhecimento fornecido, aos funcionários e servidores, sempre muito prestativos.

Por fim, agradeço ao suporte financeiro concedido pela CAPES e FAPEMIG, à bolsa de estudo e incentivo nas participações em eventos.

*“É pela esperança que nos manteremos firmes em toda e qualquer dificuldade”.*  
*Mons. Jonas Abib*

## RESUMO

As cidades, cada vez mais populosas, necessitam do desenvolvimento de sistemas eficientes de transportes para alcançar melhorias na qualidade de vida da população. Consequências negativas como poluição do ar, congestionamento e acidentes viários tem sido agravado pelo constante aumento de veículos particulares. Desse modo, a promoção do uso de modos sustentáveis de transporte é essencial para mitigar os problemas relacionados ao setor. Assim, o Transporte Público Urbano (TPU) é um grande aliado na busca de uma mobilidade urbana mais sustentável, principalmente para os deslocamentos de longas distâncias e pelo transporte de maior número de pessoas. Porém, o TPU tem enfrentado nos últimos anos uma queda constante na demanda, que se agravou com a pandemia pelo Covid-19, e a compreensão de fatores que estão relacionados ao seu uso é de extrema importância. O trabalho tem como objetivo avaliar a influência de variáveis socioeconômicas, modo de viagem, percepção de qualidade, ambiente construído e segurança na demanda do TPU, por meio da variável dependente frequência de uso. Foi utilizada a Regressão Logística Multinomial para demonstrar a significância das variáveis em relação a variável dependente. Variáveis relacionadas ao ambiente construído, como acessibilidade ao TPU, densidade populacional, distância ao centro de negócios e a pontos de interesse, e relacionadas à segurança pública e viária foram desenvolvidas em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), retratando a relação com a localização espacial dos usuários. Os resultados obtidos do nível de satisfação demonstram que os usuários estão mais insatisfeitos com o valor tarifário, frequência dos ônibus e questões relacionadas às características dos pontos de ônibus, como informações e abrigo. Já os fatores relacionados a aspectos humanos e segurança foram os mais satisfatórios para os usuários. Em relação a características do ambiente construído, foi observado que a maioria dos usuários possui boa acessibilidade ao TPU, estando somente 2,5% dos entrevistados a uma distância maior que 500 metros de um ponto de ônibus. Em relação aos aspectos de segurança, é percebido que a maior parte dos crimes ocorre na região central e em seu entorno e, também, em bairros específicos da cidade. Já os acidentes viários ocorrem no entorno da região central e ao longo das principais ruas da cidade. Por fim, em relação à influência significativa na variável dependente frequência de uso, as variáveis escolha do TPU para trabalho e estudo, o pagamento utilizando vale transporte, a faixa etária de 36 a 59 anos, uma maior distância ao centro de negócios e uma boa acessibilidade ao ponto de ônibus, se relacionam ao uso frequente do TPU. Já o gênero masculino, a posse de veículo particular e a insatisfação com a tarifa e pontualidade dos ônibus foram as variáveis relacionadas ao uso raro ou ocasional do TPU. Os resultados podem servir de subsídio para direcionar o poder público na melhoria do sistema de TPU e, conseqüentemente, para o aumento da demanda. Como, por exemplo, o oferecimento de subsídios financeiros para a diminuição do valor tarifário, fiscalização da prestação de serviços e a limitação de acesso a veículo individual. Um bom planejamento interno do prestador de serviço também se faz necessário, assegurando um serviço de qualidade, contínuo e eficiente. Os resultados fornecem suporte técnico na identificação de fatores que afetam a frequência de uso do TPU.

**Palavras-chaves:** Transporte Público Urbano; Características Socioeconômicas; Ambiente Construído; Nível de satisfação; Regressão logística multinomial.

# ABSTRACT

Cities, increasingly populated, need the development of efficient transport systems to achieve improvements in the quality of life of the population. Factors such as air pollution, congestion and road accidents have been aggravated by the constant increase in private vehicles and the promotion of the use of sustainable modes of transport is essential to mitigate problems related to the sector. Thus, Public Transport (PT) is a great ally in the search for more sustainable urban mobility, mainly for long distance travel and for the transportation of a greater number of people. However, the PT has faced a continuous drop in the demand in recent years, which has been further aggravated by the Covid-19 pandemic and understanding the factors that are related to its use is extremely important. The work aims to evaluate the influence of socioeconomic, travel mode, perception of quality, built environment and security variables, in the demand for PT, through the dependent variable frequency of use. Multinomial Logistic Regression was used to demonstrate the significance of the variables in relation to the dependent variable. Some variables were developed in a Geographic Information System (GIS) environment, portraying the relationship with the users' spatial location. The results obtained from the satisfaction level show that users are more dissatisfied with the fare value, frequency of buses and issues related to the characteristics of bus stops, such as information and shelter. The factors related to human aspects were the most satisfactory for users, such as cordiality and driver ability. Regarding the characteristics of the built environment, it was observed that most users have good accessibility to the PT, with only 2.5% of the interviewees being at a distance greater than 500 meters from a bus stop. In relation to safety aspects, it is perceived that most crimes occur in the downtown region and its surroundings, and also in specific neighborhoods on the city. Road accidents occur around the downtown region and along the main streets of the city. Finally, in relation to the significant influence on the dependent variable frequency of use, the variables choice of PT for work and study, payment using transportation vouchers, the age group of 36 to 59 years, a greater distance to the business center and a good accessibility to the bus stop, are related to the frequent use of PT. The male gender, the possession of a private vehicle and dissatisfaction with the fare and punctuality of the buses were the variables related to the rare or occasional use of PT. The results can be used as subsidy to direct the public authorities to improve the PT system and, consequently, to increase the demand. For example, the provision of financial subsidies to reduce the fare value, the inspection of the provision of services and limiting access to individual vehicles. A good internal planning of the operating company is also necessary, ensuring a quality, continuous and efficient service. The results provide technical support in identifying factors that affect the frequency of use of the PT.

**Keywords:** Urban Public Transport; Socioeconomic characteristics; Built Environment; Satisfaction level; Multinomial logistic regression.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Representação das consequências do crescimento urbano desordenado .....	27
Figura 2.2 Distribuição percentual das viagens por modo de transporte em 2017.....	30
Figura 2.3- Distribuição percentual das viagens por porte de município em 2017 .....	31
Figura 2.4 - Evolução dos passageiros equivalentes transportados por mês nos ônibus.....	33
Figura 3.1 - Descrição das etapas do trabalho .....	53
Figura 3.2 - Mapa de localização do município de Itajubá/MG .....	57
Figura 3.3 - Disposição do perímetro urbano e dos setores censitários de Itajubá/MG .....	59
Figura 3.4 - Cobertura do serviço de TPU no perímetro urbano de Itajubá/MG .....	60
Figura 4.1 - Trabalhos revisados na literatura sobre indicadores de qualidade para o TPU ....	62
Figura 4.2 - Frequência em que os indicadores foram utilizados nos trabalhos analisados ....	63
Figura 4.3 - Distribuição da amostra no perímetro urbano .....	66
Figura 4.4 - Motivos pelos quais os entrevistados escolhem utilizar o TPU por ônibus .....	69
Figura 4.5 - Tempo e modo de viagem principal para deslocamentos a trabalho e estudo .....	70
Figura 4.6 - Nível de satisfação dos indicadores de qualidade.....	71
Figura 4.7 - Densidade da amostra de usuários de TPU.....	73
Figura 4.8 - Mapa representativo dos bairros com maior demanda do TPU em Itajubá/MG ..	74
Figura 4.9 - Identificação das vias e pontos de ônibus de Itajubá/MG .....	75
Figura 4.10 - Classificação da acessibilidade dos usuários ao TPU.....	76
Figura 4.11 - Identificação de pontos de oportunidade de acesso .....	78
Figura 4.12 - Distância dos usuários ao centroide do CBD de Itajubá/MG .....	80
Figura 4.13 - Densidade populacional dos setores censitários .....	82
Figura 4.14 - Densidade das ocorrências de crimes nas vias públicas .....	85
Figura 4.15 - Densidade das ocorrências de acidentes envolvendo ciclistas e pedestres .....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Obtenção de dados da pesquisa .....	56
Tabela 3.2 - Evolução da frota de veículos por ano em Itajubá/MG.....	57
Tabela 4.1 - Indicadores abordados no trabalho.....	64
Tabela 4.2 - Alfa de Cronbach individual das variáveis de nível de satisfação .....	67
Tabela 4.3 - Distribuição amostral dos entrevistados.....	68
Tabela 4.4 - Variáveis de oportunidade de acesso a locais de interesse.....	79
Tabela 4.5 - Estatística descritiva das variáveis oportunidade de acesso .....	79
Tabela 4.6 - Descrição das variáveis independentes e expectativa .....	88
Tabela 4.7 - Análise descritiva das variáveis socioeconômicas e uso do TPU .....	90
Tabela 4.8 - Análise descritiva das variáveis de percepção da qualidade .....	92
Tabela 4.9 - Análise descritiva das variáveis do ambiente construído.....	94
Tabela 4.10 - Correlação entre as variáveis independentes contínuas .....	95
Tabela 4.11 - Valores de VIF das variáveis independentes.....	96
Tabela 4.12 - Variáveis eliminadas pelo critério de informação de Akaike.....	98
Tabela 4.13 - Teste de razão de verossimilhança .....	98
Tabela 4.14 - Resultado do teste Goodness-of-fit .....	99
Tabela 4.15 - Pseudo R quadrado .....	99
Tabela 4.16 - Classificação da frequência de uso do TPU .....	100
Tabela 4.17 - Categorias de referência para variáveis categóricas.....	100
Tabela 4.18 - Regressão logística multinomial com os resultados significativos em negrito	101

# LISTA DE ABREVIACÕES

AIC - *Akaike Information Criterion*

ANTP - Agência Nacional dos Transportes Públicos

BIC - Bayesian Information Criterion

CBD - Central Business district

CSS - *Customer Satisfaction Survey*

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

FBSP - Fórum Brasileiro de Segurança Pública

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MLG - Modelos Lineares Generalizados

MMT - *Metro Mass Transit*

MUS - Mobilidade Urbana Sustentável

NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONU - Organização das Nações Unidas

PAHO - *Pan American Health Organization*

PMMG - Polícia Militar de Minas Gerais

PMU - Plano de Mobilidade Urbana

PNMU - Política Nacional de Mobilidade Urbana

SIG - Sistema de Informações Geográficas

TPU - Transporte Público Urbano

VIF - *Variance inflation factor*

WCED - *World Commission on Environment and Development*

WHO - *World Health Organization*

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	Justificativa do trabalho e problema de pesquisa.....	15
1.2	Objetivos e seções do trabalho.....	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>SUSTENTABILIDADE EM TRANSPORTES</b> .....	19
2.1.1	Desenvolvimento e Mobilidade Urbana Sustentáveis .....	19
2.1.2	Transporte Urbano Sustentável .....	22
2.1.3	Políticas públicas e planejamento da mobilidade urbana no Brasil.....	25
2.1.4	Demanda pelo transporte público .....	29
<b>2.2</b>	<b>DETERMINANTES NO USO DO TRANSPORTE PÚBLICO</b> .....	34
2.2.1	Variáveis relevantes associadas ao uso do TPU .....	34
2.2.2	“Qualidade percebida” .....	37
2.2.3	“Ambiente construído” .....	41
2.2.4	“Segurança” .....	44
<b>2.3</b>	<b>ANÁLISE ESPACIAL ASSOCIADA AO TRANSPORTE</b> .....	45
2.3.1	Sistema de Informação Geográfica na compreensão do ambiente urbano .....	45
2.3.2	Importância de considerar variáveis espaciais no uso do TPU .....	47
<b>2.4</b>	<b>REGRESSÃO LOGÍSTICA MULTINOMIAL</b> .....	48
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	52
3.1	Etapas de desenvolvimento do trabalho.....	53
3.2	Técnicas de coleta dos dados .....	55
3.3	Descrição do objeto de estudo .....	56
3.3.1	Delimitação da área de estudo .....	58
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	61
4.1	Estruturação e aplicação de questionário .....	61
4.2	Representação das variáveis socioeconômicas e modo de viagem.....	65
4.3	Representação da qualidade percebida do TPU .....	70
4.4	Representação das variáveis do ambiente construído .....	73
4.4.1	“Acessibilidade ao TPU” .....	75
4.4.2	“Uso do solo” .....	77
4.4.3	“Distância do centro de negócios” .....	80
4.4.4	“Densidade populacional” .....	81

4.4.5	“Quantidade de linhas” .....	83
4.5	Representação da segurança pública e viária .....	84
4.6	Definição das variáveis dependente e independentes .....	86
4.7	Análise exploratória de dados .....	89
4.8	Aplicação da Regressão Logística Multinomial .....	95
4.8.1	Seleção das variáveis e parâmetros de ajuste .....	95
4.8.2	Variáveis significativas na análise de Regressão Logística Multinomial.....	100
<b>5</b>	<b>DISCUSSÕES DOS RESULTADOS</b> .....	<b>105</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>112</b>
7	Apêndice.....	118
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	120

# 1 INTRODUÇÃO

A crescente atividade de transportes em todo o mundo faz com que os problemas relacionados ao setor aumentem, como mortes e lesões no trânsito, congestionamento, ruído, poluição do ar e a dependência do petróleo (RIBEIRO *et al.*, 2007; EWING e CERVERO, 2013; DA SILVA *et al.*, 2015; ZAILANI *et al.*, 2016). A principal causa atribuída a estes problemas é o rápido crescimento dos veículos particulares e os hábitos sociais a favor do transporte individual, diminuindo o uso de transportes sustentáveis (VIJ *et al.*, 2013; CHIOU *et al.*, 2015; ZAILANI *et al.*, 2016). Chiu *et al.* (2015) apontam as vantagens de melhor acessibilidade e conveniência dos veículos particulares que incentivam o seu uso, ampliando o congestionamento e a poluição ambiental.

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 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, as cidades buscam soluções para a mobilidade urbana de forma sustentável e eficiente. Com os avanços tecnológicos, ocorre um aumento nas opções de mobilidade urbana nos últimos anos (MENG *et al.*, 2020). Davies *et al.* (2020) destacam o aumento de transporte sob demanda e novas tendências de micromobilidade, 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.

Contudo, apesar dessas novas disposições de modos de viagem, o transporte público e coletivo de passageiros é ainda uma das principais alternativas para o deslocamento em massa e de longas distâncias. Neste trabalho a sigla Transporte Público Urbano (TPU) é direcionada ao uso coletivo de transportes públicos, como ônibus, trem e metrô.

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). Uma infraestrutura adequada de TPU pode aliviar os problemas do transporte, sendo uma condição básica e necessária que garante a operação diária das diferentes atividades ocorridas no meio urbano (SADORSKY, 2013; SUN e CUI, 2018). 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.

No Brasil, existem grandes sistemas de TPU operando nas áreas urbanas, em consequência do elevado número de cidades de porte médio e grande e pelas dimensões continentais do país. Porém, é observado que as viagens utilizando veículos particulares já se equipararam ao uso de TPU no país (VASCONCELLOS *et al.*, 2011). O principal modo de locomoção dos brasileiros, considerando os municípios acima de 60 mil habitantes, é por meio das viagens a pé, que correspondem a 40% dos deslocamentos, seguido dos automóveis e motocicletas, compreendendo 29% das viagens e, por fim, temos que 28% da distribuição das viagens é realizado pelo TPU, sendo o uso do ônibus o meio que mais prevalece, com 24% de deslocamentos (ANTP, 2020). Outra importante verificação é que a medida que diminui o porte do município, as viagens de TPU tendem a diminuir e aumentar as viagens a pé (ANTP, 2020).

O crescimento desordenado das cidades brasileiras, refletem de maneira negativa sobre os transportes urbanos e a acessibilidade. Desde a década de 60, os automóveis começaram a transformar a mobilidade das pessoas, e o modelo de sustentabilidade tendia a crescente motorização, declínio do TPU, altos custos sociais devido aos problemas trazidos ao meio ambiente e mobilidade das cidades, o agravamento da exclusão social, entre outros fatores que contribuía para cidades insustentáveis (IBAM, 2005). Com a necessidade crescente de direcionamento sustentável para a mobilidade urbana, no ano de 2012 a Lei n.12.587/2012 da Política Nacional de Mobilidade Urbana entra em vigor, buscando soluções para o planejamento da mobilidade urbana, sendo direcionado a sustentabilidade e a promoção de mudanças no comportamento de viagem (GOMIDE e GALINDO, 2013). Dentre as diretrizes da Lei, se destaca a necessidade de priorização dos modos de transporte não motorizados sobre os motorizados e do TPU sobre o transporte individual motorizado e, ainda, a necessidade de integração entre os modos de transporte (BRASIL, 2012).

Diante do contexto apresentado e da importância do TPU, é percebido a necessidade de que o planejamento de transportes atraia o uso do TPU em relação aos veículos particulares, aumentando sua participação no mercado (FRAPPIER *et al.*, 2018). Os planejadores de transporte, geralmente, atribuem uma importância maior à inclusão de linhas ou pontos de ônibus e ignoraram as características da demanda de viagens, como os tipos de grupos que preferem viajar no TPU e como satisfazer essas demandas ou ainda deixam de encorajar mais pessoas a escolher o TPU para viagens diárias (YU *et al.*, 2018). 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). Assim, é essencial assimilar os desejos

do cliente para realizar políticas sustentáveis de transporte, necessitando conhecer e quantificar as variáveis mais influentes em sua disposição de viajar no TPU (DELL'OLIO *et al.*, 2011).

Com isso, muitos trabalhos buscam avaliar a influência de diversas variáveis que podem incentivar ou restringir o uso do TPU. Para Arana *et al.* (2014), fatores econômicos, geográficos ou sociológicos contribuem na determinação da escolha e do nível de uso de diferentes modos de transporte. As variáveis socioeconômicas são constantemente relacionadas ao comportamento de escolha por transportes (HAN *et al.*, 2018), assim como aspectos relacionados a percepção quanto ao nível de serviço prestado, que deve buscar satisfazer a perspectiva do usuário (DIEZ-MESA *et al.*, 2016). A avaliação espacial do ambiente construído e da segurança também tem se apresentado relevante na compreensão do uso do TPU (YU *et al.*, 2018, LIU *et al.*, 2019).

Assim, conhecer as associações de variáveis distintas no uso do TPU, pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias políticas que atraiam novos usuários e mantenham os usuários atuais, bem como o aumento da frequência de uso. Dessa forma, a próxima seção tem como objetivo realizar uma contextualização sobre os principais problemas que motivaram o desenvolvimento da pesquisa, descrevendo também a contribuição esperada do trabalho.

## **1.1 Justificativa do trabalho e problema de pesquisa**

Em busca de mudanças no comportamento de viagem e com o intuito de restringir a propriedade e o uso de veículos particulares muitos governos, em diversos países, vêm buscando melhorar seus serviços de TPU, porém, mesmo com esse incentivo, em muitos países desenvolvidos com sistemas adequados de TPU, o uso permanece baixo (CHIOU *et al.*, 2015; CHAKRABARTI, 2017; LIU *et al.*, 2019). Chakrabarti (2017) aponta que, nos EUA, no período de 1991 a 2012, investimentos anuais em TPU aumentaram significativamente, enquanto que a participação do TPU como modo de deslocamento sofre com a queda, como exemplo a diminuição de 46,5 para 39,4 passageiros por hora de serviço. Em Brisbane, na Austrália, com sistemas integrados de TPU e cartão inteligente, os autores Liu *et al.* (2019) apontam que apenas 5,4 por cento da população realizaram viagens de ônibus em 2016.

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 uma análise percentual acumulada de passageiros comparando abril de 2019 a abril de 2018, a redução foi de mais 4,3% dos passageiros, apontando que o problema é



recorrente e impactado negativamente por diversos fatores, incluindo o crescimento do transporte responsivo à demanda no país (NTU, 2019). Uma pesquisa realizada pela CNT/NTU (2017) aponta que 16,1% dos entrevistados deixaram de utilizar totalmente o ônibus e 22,1% diminuíram a frequência do uso.

Em valores absolutos, por exemplo, em outubro de 2014, o número de passageiros equivalentes transportados por mês nas principais cidades brasileira (Belo Horizonte (BH), Curitiba (PR), Fortaleza (CE), Goiânia (GO), Porto Alegre (RS) Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ), Salvador (BA) e São Paulo (SP)) era de 400,8 milhões e em outubro de 2017 esse valor diminuiu para 303,0 milhos de passageiros.

Diante da importância do TPU para promover a mobilidade urbana de modo sustentável e da recorrente queda da demanda desse modo de transporte, é necessário compreender os fatores que podem influenciar ou restringir o uso do TPU. A abordagem de diferentes tipos de variáveis para determinar o uso do TPU é importante para compreender quais aspectos devem ser considerados ao desenvolver um planejamento de transportes direcionado a mobilidade sustentável. No Brasil, há também a exigência de que as cidades com mais de 20.000 habitantes se adequem ao Plano de Mobilidade Urbana, em que, dentre outras exigências, prevê o incentivo aos modos de transporte sustentáveis.

A literatura existente aborda diferentes aspectos que se relacionam ao uso do TPU, por meio do desenvolvimento de modelos de escolha do modo de transporte, como nos estudos de Chakrabarti (2017), Sarkar e Mallikarjuna (2017), Han *et al.* (2018), Yang *et al.* (2018) e Yang e Wang (2018), e também por meio de modelos de demanda, como em Blainey e Preston (2010), Aljoufie (2014), Chiou *et al.* (2015), Nazem et al (2015) e Liu et al (2019), geralmente com a variável dependente sendo o número de passageiros. Porém, Gascon et al. (2020) ressaltam que, apesar da extensa literatura, ainda se faz necessário avaliar fatores do ambiente construído e aspectos pessoais e atitudinais em conjunto, bem como a interação entre tais fatores na compreensão da frequência de uso do TPU, considerando ainda a variação que ocorre entre diferentes regiões e países. Contudo, é percebido que a avaliação de diversos fatores que se associam ao uso do TPU, buscando compreender os efeitos na frequência de uso ainda foi pouco explorado e se faz necessário para auxiliar na promoção desse modo de transporte, visando incentivar um aumento de demanda.

Assim, este trabalho visa contribuir com o tema da mobilidade urbana sustentável, buscando compreender fatores relacionados a frequência de uso do TPU e incentivar melhorias no sistema de transporte de forma que atraia novos usuários e incentive um aumento na frequência de uso dos usuários já existentes. O modelo de regressão logística multinomial

proposto visa contribuir na identificação desses fatores. É esperado, também, uma contribuição para a sociedade, sugerindo melhorias na prestação de um serviço público de extrema necessidade e que promove e beneficia o acesso igualitário ao meio urbano e suas oportunidades.

Sendo assim, o problema de pesquisa consiste na identificação de variáveis que influenciam na frequência de uso do TPU, visando contribuir com o desenvolvimento de políticas públicas de planejamento de transporte que incentivem o uso deste modo de transporte. Isso é relevante pois a identificação dessas variáveis pode ajudar a traçar estratégias, tanto por parte do poder público como da empresa operadora, visando aumentar a demanda por este modo de transporte e a redução do uso de transporte individual. Além disso, este estudo visa auxiliar na identificação das variáveis que são consideradas ineficientes no sistema de TPU, por meio de uma avaliação do nível de satisfação dos usuários.

## **1.2 Objetivos e seções do trabalho**

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência de variáveis socioeconômicas, modo de viagem, percepção de qualidade, ambiente construído e segurança na demanda do TPU, por meio da variável dependente frequência de uso. Para isto propõe-se utilizar a regressão logística multinomial, suportado por dados adquiridos através de pesquisa de satisfação com os usuários de TPU e dados estimados através de análises em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com o objetivo de explorar as relações entre as variáveis desenvolvidas e sua relevância na variável dependente.

Os objetivos específicos são:

- Realizar um diagnóstico da qualidade percebida, por meio do nível de satisfação dos usuários do TPU em Itajubá/MG;
- Desenvolver as variáveis do ambiente construído e segurança por meio do SIG, relacionando-as aos usuários de TPU;
- Investigar a influência das variáveis independentes na frequência de uso do TPU, por meio da Regressão Logística Multinomial.

É pretendido com esse trabalho responder as seguintes questões: Quão relevante são as variáveis observadas na frequência de uso do TPU? E como é possível promover o uso do TPU por ônibus em Itajubá/MG por meio da avaliação de fatores influentes na frequência de uso dos usuários?

O trabalho está organizado em 6 seções, onde a seção inicial retratou a introdução e objetivos do trabalho, em sequência, a seção 2, aborda a revisão da literatura relevante.

Primeiramente, sobre aspectos de sustentabilidade, políticas públicas e a demanda pelo TPU e, em seguida, sobre os aspectos determinantes no uso do TPU e, por fim, sobre análise espacial associada ao transporte. A seção 3 apresenta a metodologia utilizada, incluindo o modelo de regressão proposto, seguida pelos resultados na seção 4. As seções finais 5 e 6 discutem os resultados e conclui o trabalho, incluindo as implicações políticas e sociais pertinentes à análise realizada.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 SUSTENTABILIDADE EM TRANSPORTES**

Para contextualizar o tema em estudo e compreender sua importância, este capítulo inicial tem como objetivo descrever como ocorreu o desenvolvimento das cidades e o surgimento dos conceitos em torno do tema de sustentabilidade, destacando a importância do transporte público na mobilidade urbana sustentável. Traz ainda as políticas públicas de mobilidade urbana e a caracterização dos modos de transporte no Brasil, com destaque para a diminuição da demanda do transporte público.

#### **2.1.1 Desenvolvimento e Mobilidade Urbana Sustentáveis**

A urbanização está associada a movimentos de grande escala da população rural para as cidades, cujo resultado é o aumento da densidade populacional nas áreas urbanas, incrementando a atividade no ambiente local (SADORSKY, 2013). Há a estimativa de que 75% da população mundial resida em áreas urbanas até 2055. O Brasil já ultrapassa esse marco com 84,4% da população residindo nas cidades e é estimado que até 2050 essa porcentagem seja de 93,6% (IBGE, 2010). A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), segundo IBGE (2015), demonstra que apenas 15,28% dos brasileiros vivem em áreas rurais.

A evolução da infraestrutura foi uma das grandes mudanças importantes ocorridas nas cidades nos últimos 300 anos. Porém, a manifestação de conceitos e ideias sobre aquecimento global, em meados da década de 90, desafiaram o modelo tradicional de desenvolvimento urbano, surgindo temas relacionados à sustentabilidade, incluindo os efeitos da urbanização nas mudanças climáticas (DE ANDRADE GUERRA *et al.*, 2016). O documento da IPCC (2007) retrata os impactos trazidos pela mudança climática ao longo do tempo, descrevendo os problemas relacionados às diversas variáveis climáticas, além da temperatura, nível do mar e concentrações de gases atmosféricos causadores do efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Alertando, também, para problemas acentuados no ecossistema, na escassez dos recursos naturais, na saúde humana e na alimentação. Dong *et al.* (2019) destacam o aumento nas emissões de carbono como uma das decorrências da urbanização, devido à demanda por moradia e à construção de infraestrutura pública, consumindo maior quantidade de combustíveis fósseis.

Anteriormente ao termo sustentabilidade já havia uma crescente preocupação mundial sobre as questões ambientais. Em 1972 ocorre em Estocolmo (Suécia) a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que foi considerado um marco inicial de encontros

internacionais para tratar do tema, onde a emergência era a consciência ecológica, mobilizando o governo, intelectuais e organizações sociais na proteção do planeta (STEIL e TONIOL, 2013).

A definição clássica de desenvolvimento sustentável ocorreu poucos anos depois, em 1987, onde a *World Commission on Environment and Development* (WCED) por meio do documento intitulado “Nosso Futuro Comum” o descreve como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (WCED, 1987). O “Relatório Brundtland”, como ficou conhecido, destaca a importância do transporte no planejamento nacional de energia e desenvolvimento, apontando-o como um grande consumidor de petróleo, tendo ainda a previsão do aumento no mercado de veículos, principalmente nos países em desenvolvimento, que resultaria no aumento da poluição atmosférica urbana. Ressalta também que medidas fortes deveriam ser tomadas ou a poluição do ar se tornaria um fator importante e limitante no desenvolvimento industrial em muitas cidades do terceiro mundo (ONU, 1987).

Outro marco importante, com foco nas mudanças climáticas e na busca por sustentabilidade, foi o documento assinado em Kyoto (Japão) no ano de 1997, conhecido como o Protocolo de Kyoto. Esse documento direciona para o estabelecimento de regras para a redução dos gases causadores do efeito estufa, onde os países desenvolvidos se comprometeram com a redução ou limitação de emissões entre 2008 e 2012 (BRASIL, 2004). Chapman (2007) ressalta que o setor de transporte foi um dos setores-chave abordados no protocolo e se destacou, a partir desse evento, nas agendas políticas dos 38 países desenvolvidos que assinaram o acordo.

A expressão sustentabilidade rapidamente foi relacionada a uma série de disciplinas, incluindo ciência sociais, ambientais, políticas e econômicas (HAYDEN *et al.*, 2017). Motta *et al.* (2012) ressaltam que a definição dos conceitos de sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e mobilidade urbana sustentável podem ter distintas abordagens, não existindo uma única definição universal. A mobilidade urbana é descrita pelo IBAM (2005) como o resultado da interação dos fluxos (motorizado e não motorizado) de deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano, sendo determinada, principalmente, pelo desenvolvimento socioeconômico, pela apropriação do espaço e pela evolução tecnológica. Até o final da década de 70 o conceito de mobilidade era visto predominantemente como uma questão de prestação de serviços de transporte, onde o principal problema tratado era combinar a oferta de infraestrutura com a demanda de transporte de passageiros e bens (DA SILVA *et al.*, 2008). Azevedo Filho (2012) complementa que, de modo equivocado, a mobilidade urbana é restringida à circulação de automóveis e ao uso de transporte coletivo, sem se preocupar, por exemplo, com o

deslocamento dos pedestres, que resulta em grande parte das viagens urbanas. Afirma ainda que, com o planejamento adequado, seria possível um maior deslocamento de pessoas a pé ou usando bicicletas.

Assim, buscando a adequação aos aspectos de sustentabilidade, foi desenvolvido um novo conceito baseado no pressuposto de que os problemas de mobilidade vão além da limitação do acesso físico, mas também considera questões ambientais, econômicas, sociais e comportamentais complexas, direcionadas ao planejamento urbano que visam a melhoria das condições de mobilidade e acessibilidade, consequentemente na qualidade de vida para os habitantes das cidades (DA SILVA *et al.*, 2008). Esse aperfeiçoamento do conceito de mobilidade urbana, foi determinado por Mobilidade Urbana Sustentável (MUS).

Para os autores Da Silva *et al.* (2015) a satisfação das necessidades básicas dos indivíduos e a liberdade de movimento para todos, incluindo a livre escolha dos modos de transporte, de forma segura e sem comprometer a saúde humana e os ecossistemas, compõe a MUS. Envolvendo também o uso de energia renovável e o estabelecimento de limites para as emissões e resíduos compatíveis com a capacidade do planeta para absorvê-los. Ferraz e Torres (2004) ressaltam ainda, a importância de adequar a mobilidade para todas as classes sociais no processo de desenvolvimento econômico e social das cidades. Para Motta *et al.* (2012), a MUS deve promover o desenvolvimento econômico, os meios de transporte e a eficiência da aplicação dos recursos no setor de transporte de forma que se mantenham ao longo do tempo sem que suas atividades prejudiquem a saúde humana, o meio ambiente e o bem estar social.

O desenvolvimento sustentável pode ser estendido por meio da MUS (DA SILVA *et al.*, 2015) e para Zhang *et al.* (2018), o surgimento desse conceito apoiou ideias para o desenvolvimento urbano e da sociedade, apontando também uma direção para o tráfego urbano, que é parte desse sistema. A gestão da mobilidade urbana, reafirmado por Seabra *et al.* (2013), possui potencial para gerar iniciativas que tendem aos novos modelos de desenvolvimento sustentável. Em função dos transportes, essa gestão pode ser descrita como um conjunto de medidas empregadas em vários países, destacando os europeus, que objetiva o incentivo aos modos de transportes coletivos e não motorizados, denominados sustentáveis, para realizar atividades diárias, como estudo e trabalho (MANCINI e SILVA, 2010).

Portanto, considerando o contexto apresentado, é observado que o transporte urbano sustentável é parte integrante e importante para que o desenvolvimento e mobilidade das cidades sejam realizados de modo sustentável. A seção seguinte destaca a sua importância.

### 2.1.2 Transporte Urbano Sustentável

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). O deslocamento de pessoas e produtos torna possível a realização das atividades comerciais, industriais, educacionais, de lazer, entre outras, que são essenciais para a vida nas cidades modernas (FERRAZ e TORRES, 2004). O aumento do tráfego motorizado nas cidades ocasionou também o aumento da demanda por energia (combustível) para, por exemplo, o transporte de matérias-primas, produtos acabados e alimentos do campo para as áreas urbanas. Uma infraestrutura adequada de transporte de massa pode aliviar os problemas do transporte e reduzir a demanda por energia, quando comparado a quantidade consumida se cada passageiro viajasse em seu próprio carro (SADORSKY, 2013). Sun e Cui (2018) reafirmam que uma condição básica e necessária que garante a operação diária urbana é a infraestrutura de transporte público urbano.

Embora os problemas de transporte urbano também sejam acometidos por deficiências históricas, causadas principalmente por falta de recursos humanos e financeiros, a forte dependência do automóvel, como a principal alternativa de transporte, tem acarretado os maiores problemas enfrentados pelo setor (DA SILVA *et al.*, 2008). Como realçam Da Silva *et al.* (2015), acidentes de trânsito, congestionamento, ruído, poluição do ar e restrições de mobilidade são exemplos de problemas urbanos considerados mundiais que têm como causa ou estão relacionados ao transporte. Alonso *et al.* (2015) destacam que o transporte urbano ocasiona uma série de impactos negativos que podem abalar as metas de sustentabilidade.

Em termos de poluição ambiental, o setor de transporte representou 24% das emissões globais de CO<sub>2</sub> ocasionadas pela combustão de combustível em 2015, sendo que o setor rodoviário corresponde a três quartos dessas emissões de transporte (IEA, 2017) e, como apontado por Chapman (2007), o petróleo é a fonte de combustível predominante no setor, correspondendo a 97% do uso. No Brasil, a ANTP (2020) avalia que os veículos emitem 140 mil toneladas de poluentes locais por ano, sendo 38% emitido pelo transporte individual e 62% são emitidos pelo transporte coletivo (ônibus municipais e metropolitanos) e que, em relação aos poluentes globais do efeito estufa, que são 32,3 milhões de toneladas de poluentes por ano, o transporte individual é responsável por 71% da poluição (dados de 2017).

Os trabalhos de Yang e Wang (2018); Yang *et al.* (2018); Ye *et al.* (2017); Chalak *et al.*, (2016) e Hickman *et al.*, (2013) realçam os problemas da emissão de poluentes pelo setor de transporte e buscam soluções que minimizem esses efeitos, principalmente na análise de escolha do modo de viagem. Her *et al.* (2016) identificaram em suas análises que níveis de

poluição tendem a ser mais baixos em áreas com maior número de usuários de ônibus, implicando que a promoção de políticas urbanas e de transporte projetadas de modo eficaz a favor TPU pode reduzir a poluição do ar.

Quanto aos problemas relacionados ao tráfego, as mortes e lesões causadas pelo trânsito exigem esforços coordenados para uma prevenção efetiva e sustentável, considerando que é uma importante e negligenciada questão de saúde pública global (WHO, 2004). O relatório afirma ainda que, o transporte rodoviário é apontado como o mais complexo e perigoso dentre os tipos de transportes. Dados mundiais demonstram que o número de pessoas mortas em acidentes de trânsito a cada ano é estimado em quase 1,2 milhão, enquanto o número de feridos pode chegar a 50 milhões (WHO, 2004). Nas américas, o número de mortes no trânsito continua aumentando, chegando a quase 155 mil por ano (OPAS, 2019). Assim, o congestionamento e disputa pelo uso das ruas pelos diversos modos de transporte, motorizado e não motorizados, também tem se agravado com o aumento do número de veículos, considerado como uma crise diária em muitas cidades de todo o mundo, e a infraestrutura existente não é suficiente para enfrentar esse aumento (BOARETO, 2008; CHAPMAN, 2007).

Para Dell'olio *et al.* (2011) o congestionamento e suas consequências imediatas e mais amplas no clima estão direcionando governos a instaurarem políticas sustentáveis de transporte. Porém, políticas que buscam uma transferência de modo de viagem são defrontadas por estilos de vida e hábitos altamente estabelecidos em torno do uso do automóvel e o seu contínuo domínio em grande parte do mundo é uma fonte de grande preocupação para o ambiente global e para a saúde das cidades (VIJ *et al.*, 2013). Chapman (2007) afirma que “mudar as atitudes em relação à dependência do automóvel será um desafio”. Ko *et al.* (2019) complementam que, selecionar ferramentas adequadas que visam desencadear alterações comportamentais que diminuem a dependência do carro é uma tarefa desafiadora, visto que as mudanças comportamentais são afetadas por uma variedade de fatores interdependentes.

As viagens de automóvel respondem por 15 a 30% do total de viagens no mundo em desenvolvimento, 50% na Europa Ocidental e 90% nos Estados Unidos. A frota mundial de automóveis cresceu, entre 1950 e 1997, cinco vezes mais rápido que o crescimento populacional (RIBEIRO *et al.*, 2007). Países desenvolvidos consentiram que construir estradas não solucionavam os problemas causados pelo volume cada vez maior do tráfego, e uma das principais políticas alternativas sugeridas é atrair as pessoas para longe de seus carros com a melhoria no fornecimento de TPU (CULLINANE, 2002).

O TPU, como trens e ônibus, ou ainda, o uso de transporte ativo, como caminhada ou bicicleta, consideradas “zero carbono”, são modos de viagens que têm a capacidade de fornecer



um resultado mais sustentável para a mobilidade urbana (CHAPMAN, 2007; VIJ *et al.*, 2013; CHALAK *et al.*, 2016). Em relação aos modos não motorizados de viagem, Boareto (2008) afirma que para a construção de cidades sustentáveis, uma das políticas de mobilidade urbana sugerida é o reconhecimento efetivo desses modos de transporte, principalmente para as viagens de curta distância. A promoção de modos ativos (caminhada e ciclismo) pode ser percebida de forma positiva individualmente por proporcionar benefícios para a saúde, devido ao aumento dos padrões de atividade e, a nível de rede, por proporcionar a redução do congestionamento e da emissão de gases ao substituir o carro (TON *et al.*, 2019).

É percebido também um aumento nas opções de mobilidade urbana nos últimos anos, em busca de uma transição do uso de carro particular para modos de viagem alternativos, que surgiram apoiados na abrangente disponibilidade de aplicativos munidos de tecnologias inteligentes, de posicionamento geográfico e facilidades em realizar transações financeiras eletrônicas (MENG *et al.*, 2020). Assim, é observado o aumento de transporte sob demanda e novas tendências de micromobilidade, como destacado pelos autores Davies *et al.* (2020), em que a micromobilidade, além de considerar os modos ativos de caminhada e bicicleta, apresenta novas formas de mobilidade de rápido crescimento, como as e-bikes e e-scooters, sendo ótimas opções de deslocamento em viagens, principalmente de curta distância e, embora não possam ser classificadas como não motorizadas, elas são consideradas uma alternativa mais limpa aos carros.

Meng *et al.* (2020) destacam que tais modos de transporte podem ser utilizados de forma compartilhada visando atender à demanda por transporte de primeira/última milha das viagens de carro e TPU e promovem uma mobilidade sustentável. Os autores enfatizam, ainda, que tais modos de transporte são disponibilizados por sistemas comerciais direcionados, geralmente, a usuários interessados em mobilidade voltada para o lazer ou viagens de curta distância.

Já a promoção de TPU, pode ser realizada por meio do aumento da satisfação dos usuários e da integração do TPU com modos alternativos de transporte. Para Ekinci *et al.* (2018) melhorando 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. Outra tática de incentivo ao uso do TPU é dificultar a acessibilidade econômica da propriedade de veículos com diversos tipos de tributação indireta (CHAPMAN, 2007).

Em termos gerais, a OECD (2002) define que um sistema de transporte sustentável é aquele que: é economicamente viável e socialmente aceitável, proporcionando acesso seguro as pessoas, lugares, bens e serviços; atende aos objetivos de qualidade ambiental e de saúde, por exemplo, a diminuição de poluentes do ar e ruído (orientados pela OMS); protege os

ecossistemas; e, não agrava os fenômenos globais adversos, como as mudanças climáticas, a destruição da camada de ozônio e a disseminação de poluentes orgânicos persistentes. Dentre as propostas trazidos por diversos países para mitigar os fatores responsáveis pelas mudanças climáticas, a promoção da eficiência energética dos combustíveis e dos veículos, o desenvolvimento de combustíveis fósseis mais limpos e medidas de redução de consumo, são fatores em destaque (BOARETO, 2008). Especificamente sobre o transporte público sustentável, este é caracterizado como sendo oportuno, pontual, exigente e atraente, sendo uma alternativa competitiva ao modo privado de transporte, combinado com características de design moderno, frotas avançadas e menor consumo de combustíveis fósseis (BACHOK *et al.*, 2015).

Portanto as cidades devem buscar desenvolver sistemas sustentáveis de transporte que apoiem e facilitem os deslocamentos urbanos e a utilização de recursos tecnológicos que beneficiem o meio ambiente. Porém, como demonstrado, não é trivial estabelecer uma mudança de modo de transporte da população. Os autores Chapman (2007) e Yu *et al.* (2018) apontam que políticas públicas são necessárias para encorajar a mudança para outros modos de transporte e que o TPU possui funções positivas e significativas para auxiliar nesse processo. Porém, resultados recentes demonstram que o compartilhamento do TPU não sofreu um grande avanço, mesmo em governos que buscaram atrair uma maior demanda com a implementação de medidas de apoio e investimento de fundos consideráveis para construir a infraestrutura de TPU e melhorar seus serviços. É percebido, então, a necessidade de investimentos realmente significativos para tornar essas alternativas viáveis e atraentes.

A seguir é descrito o desenvolvimento das cidades no Brasil relacionado ao conceito de sustentabilidade e o papel do poder público na mobilidade urbana por meio da estruturação de políticas públicas, principalmente voltadas ao fornecimento adequado de TPU.

### **2.1.3 Políticas públicas e planejamento da mobilidade urbana no Brasil**

Uma rede complexa de sistemas que interagem de forma integrada, influenciando um ao outro, compõe o espaço urbano. No entanto, o modo tradicional de planejamento urbano muitas vezes é concentrado em poucas partes desses sistemas, resultando em políticas pobres e ineficientes (MIRANDA e DA SILVA, 2012)

Como parte integrante desse sistema, o TPU é considerado como um fator chave no planejamento e desenvolvimento das cidades. Para Badoe e Yendeti (2007) o planejamento do sistema de TPU ocorre como parte do processo de planejamento de transportes para a região como um todo e a previsão de viagens é um importante fator para esse planejamento, projetando

o tráfego futuro e utilizando essas estimativas para auxiliar na tomada de decisões sobre investimentos modais, como a necessidade de capacidade adicional de estrada, capacidade de TPU, entre outros.

No processo de desenvolvimento urbano, a distribuição dos cidadãos ocorre em diferentes regiões, tornando comum uma pessoa trabalhar em um distrito e morar e/ou passear em outro, conseqüentemente a divisão social e física das cidades tem aumentado continuamente, tornando os residentes dependentes do sistema de transporte (USPALYTE-VITKUNIENE e BURINSKIENE, 2007). Para Aljoufie (2014) a essência do sistema de transporte é fornecer mobilidade para as pessoas exercerem suas diferentes atividades em diversos locais e a inadequação na provisão e na acessibilidade de transporte podem acarretar em exclusão social e na separação de comunidades.

No Brasil, o crescimento das cidades ocorreu de modo desordenado refletindo de maneira negativa sobre os transportes urbanos e a acessibilidade (IBAM, 2005). Na década de 1960, iniciou-se uma grande transformação na mobilidade das pessoas nas cidades brasileiras, associando o aumento de veículos motorizados, como automóveis e ônibus, ao intenso processo de urbanização que ocorria (VASCONCELLOS *et al.*, 2011) e em 1970, ocorre uma acentuação nos problemas de transporte urbano resultante dessa urbanização e também da industrialização (GOMIDE e GALINDO, 2013).

A abordagem de planejamento urbano neste período era pautado na ênfase no transporte rodoviário, na priorização do transporte privado em relação ao público, em limitantes esforços para a promoção de modos não motorizados e em uma frequente dissociação do planejamento urbano e dos transportes (DA SILVA *et al.*, 2008). O modelo de mobilidade urbana, descrito pelo IBAM (2005) era considerado insustentável e desigual, devido a fatores como:

- A crescente motorização;
- O declínio do transporte público, sendo ineficiente, caro e inadequado;
- Os altos custos sociais dos congestionamentos, da poluição atmosférica, dos acidentes no trânsito e do consumo de fontes não-renováveis de energia;
- O agravamento da exclusão social;
- A carência de eficiência pessoal nos órgãos de gestão da mobilidade;
- Uma deficiente integração setorial, modal e territorial;
- Problemas relacionados à investimentos.

A Figura 2.1 representa as conseqüências da falta de planejamento da mobilidade e as necessidades envolvidas nesse ciclo, retratando, ainda segundo IBAM (2005), a carência de um

conceito de mobilidade urbana no país, com políticas que permitam o direito de acesso seguro e eficiente aos espaços urbanos pelas pessoas e que reconduza às cidades os atributos de sustentabilidade socioeconômica e ambiental, muitas vezes esquecido. É enfatizado também a necessidade de promoção da mobilidade urbana por meio do transporte público coletivo, orientando, ao mesmo tempo, inclusão social, investimentos públicos e a redução de congestionamentos, poluição e acidentes.

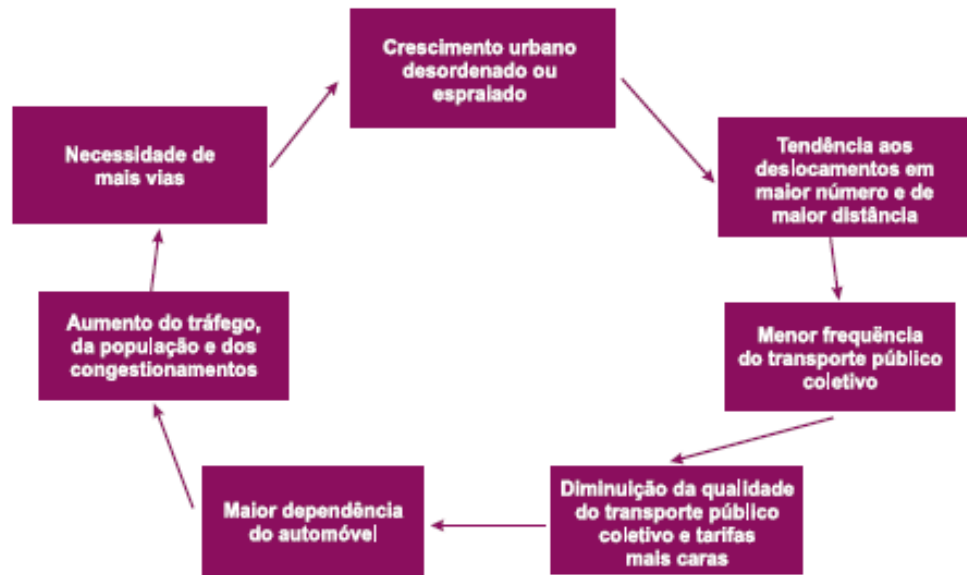


Figura 2.1 - Representação das consequências do crescimento urbano desordenado

FONTE: IBAM (2005)

Considerando a necessidade de mudanças, ao longo das duas últimas décadas ocorre o desenvolvimento de uma nova visão relativa ao modelo para o planejamento de transporte, onde as atividades de TPU, circulação do tráfego e o planejamento das atividades urbanas devem ser desenvolvidas em conjunto e de forma combinada, resultando no planejamento da mobilidade (DA SILVA *et al.*, 2015). No Brasil, a inclusão da mobilidade de forma sustentável, é considerada recente. Motta *et al.* (2012) retrata que o Ministério das cidades atuou, desde 2003, para delinear a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). A mobilidade urbana, com a finalidade de promover o acesso universal das pessoas à cidade e suas oportunidades, seria considerada sustentável, contribuindo assim para o desenvolvimento socioeconômico, ambiental e de infraestrutura, sendo o embasamento para o projeto de lei do Poder Executivo entre 2004-2006 (PL n.1.687/2007), que culminou, somente em 2012, na promulgação da Lei de Diretrizes da PNMU (Lei n.12.587/2012) (GOMIDE e GALINDO, 2013).

A PNMU, sancionada pela Lei vigente citada acima, é relativamente recente e foi definida com o objetivo de:

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

A Lei define a Mobilidade Urbana como a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano e o Transporte Urbano como o conjunto dos modos e serviços de transporte público e privado utilizados para a Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012). Motta *et al.* (2012) destacam algumas diretrizes da Lei de PNMU que instruem os municípios a executarem uma política de mobilidade urbana promovendo o desenvolvimento sustentável, acessibilidade e inclusão social, como:

- Integração das políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo com a política de desenvolvimento urbano;
- Priorização dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado;
- Integração entre os modos e serviços de transporte urbano;
- Atenuação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade;
- Incentivo ao uso de energias renováveis e menos poluentes e ao desenvolvimento científico tecnológico.

Por meio da criação do Plano de Mobilidade Urbana (PMU) a PNMU busca sua efetivação exigindo que às cidades, com mais de 20.000 habitantes, tenham seu plano diretor, existente ou em elaboração, compatível com o PMU, com o prazo de adequação de 7 (sete) anos, conforme a última atualização por meio da Lei n°13.683/18. Ressaltando que se não houver a conformidade pelos municípios, os mesmos ficarão impedidos de receber recursos orçamentários federais destinados à Mobilidade Urbana até que atendam às exigências. Dentre as atribuições do PMU, descritas no artigo 24, destaca-se a redação acrescentada em 2018, em que as infraestruturas do sistema de mobilidade urbana devem incluir ciclovias e ciclofaixas (BRASIL, 2012).

Assim, para o planejamento eficiente e sustentável dos transportes urbanos é necessário considerar todo contexto da mobilidade urbana e garantir o cumprimento das exigências previstas nas Leis nacionais e nos direcionamentos dos principais órgãos internacionais. Lau (2013) ressalta que os governos não devem se concentrar apenas no esgotamento de combustíveis fósseis e na poluição do ar, no que diz respeito aos modelos de planejamento sustentável dos transportes urbanos, mas também devem garantir um acesso harmonioso às

necessidades de viagem entre os grupos sociais. Contudo, para o desenho de políticas e para o planejamento do tráfego urbano é importante compreender a utilização do TPU (WEI *et al.*, 2015).

Portanto, sendo o TPU o foco deste trabalho e, dentre os meios motorizados, a principal solução sustentável para a mobilidade urbana, e ainda, considerando ser previsto por lei a necessidade de sua promoção e qualidade, a seção seguinte contextualiza a demanda pelo TPU, ressaltando a distribuição dos modos de transporte no Brasil.

#### **2.1.4 Demanda pelo transporte público**

Em relação ao TPU, é verificado constantemente a diminuição ou estagnação no uso em diversos países mesmo com incentivos e melhoria do serviço, como retrata os autores Chakrabarti (2017); Boisjoly *et al.*, (2018) e Shaheen e Cohen (2018) na América do Norte, Tembe *et al.* (2019) em cidades subsaariana na África e Liu *et al.* (2019), na Austrália. Muitos autores atribuem a diminuição do uso devido a diversos fatores, mais principalmente pelo aumento de veículos particulares, como carros e motocicletas e aos hábitos sociais em favor do transporte individual (CHAKRABARTI, 2017; VIJ *et al.*, 2013; ZAILANI *et al.*, 2016). Estudos como de Kaewkluengkrom *et al.* (2017) e Şimşekoğlu *et al.* (2015), comprovam que o hábito de utilizar veículos particulares tem um efeito negativo na escolha pelo modo de TPU.

Shaheen e Cohen (2018) complementam que as tendências tecnológicas também colaboram para a diminuição do uso do TPU, como a possibilidade de realizar trabalho à distância (*home-working*), compras por internet (*e-commerce*) e o compartilhamento de veículos. Porém os autores demonstram que as tecnologias também podem ser usadas em favor de um TPU mais eficiente e sustentável que acompanhe as tendências, permitindo que os serviços existentes sejam automatizados e dimensionem corretamente a demanda com análises preditivas, obtendo redução do custo operacional e da tarifa, possibilitando a competitividade frente aos diversos modos de transporte existentes. Anable e Boardman (2005) alertam que soluções tecnológicas são importantes, porém são custosas e exigem longo prazo, realçando a necessidade primordial de políticas a curto prazo para afetar a mudança de comportamento e os hábitos de viagem.

No Brasil existem grandes sistemas de TPU por ônibus operando nas áreas urbanas em consequência do elevado número de cidades de porte médio e grande e pelas dimensões continentais do país. A urbanização, após II Guerra Mundial, e a crescente motorização, principalmente pelo estabelecimento de indústrias automobilísticas a partir de 1956, aumentaram a demanda por transportes, incluindo a demanda do TPU. O que incentivou, por

exemplo, o desenvolvimento de sistemas de redes e corredores de ônibus, como é o caso do projeto do corredor em Curitiba, reconhecido mundialmente pelo seu sucesso e que inspirou diversas construções pelo mundo (VASCONCELLOS e MENDONÇA, 2010).

Contudo, ocorre também o aumento na utilização de veículos particulares no país. Em 1997, 61% dos deslocamentos motorizados nas grandes regiões metropolitanas eram realizados por ônibus e 29% por automóveis. Em 2005 essa relação já era de 51% para o TPU e 49% para o transporte individual (VASCONCELLOS *et al.*, 2011). A ANTP (2016), em seu relatório comparativo 2003-2014, ressaltou que a participação do modo de transporte individual ultrapassou o transporte coletivo no período considerado, tendo um aumento de 2,2% na participação modal, enquanto que o TPU perdeu 1,4% de participação (comparando 2003 e 2014 em termos absolutos). Destaca-se a perda de 2,7% de participação dos ônibus municipais e o aumento de 0,9% do sistema de trilhos, responsável pela suavização da perda geral do transporte coletivo. Segundo a Associação Nacional dos Detrans (2017), há dez anos o país possuía 7,4 habitantes por carro, hoje já tem um automóvel para cada 4,4 habitantes.

A distribuição dos modos de transporte no Brasil tem predomínio do modo a pé, como o principal modo de deslocamento da população, como mostra a Figura 2.2. Isso ocorre, principalmente, pela tendência das pessoas a buscar moradia mais próxima as áreas que frequentam, facilitando o deslocamento por meio da caminhada.

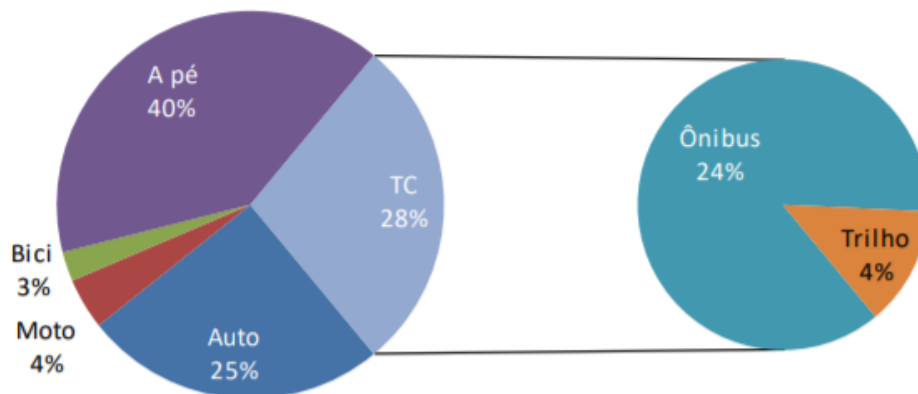


Figura 2.2 Distribuição percentual das viagens por modo de transporte em 2017

FONTE: ANTP (2020)

Para o transporte coletivo, o ônibus é meio de transporte mais utilizado, pois também é o de maior abrangência territorial nas cidades brasileiras, que possui sistemas de trilhos somente em grandes cidades. Na avaliação da divisão modal é importante, também, considerar o porte do município, como mostra a Figura 2.3.

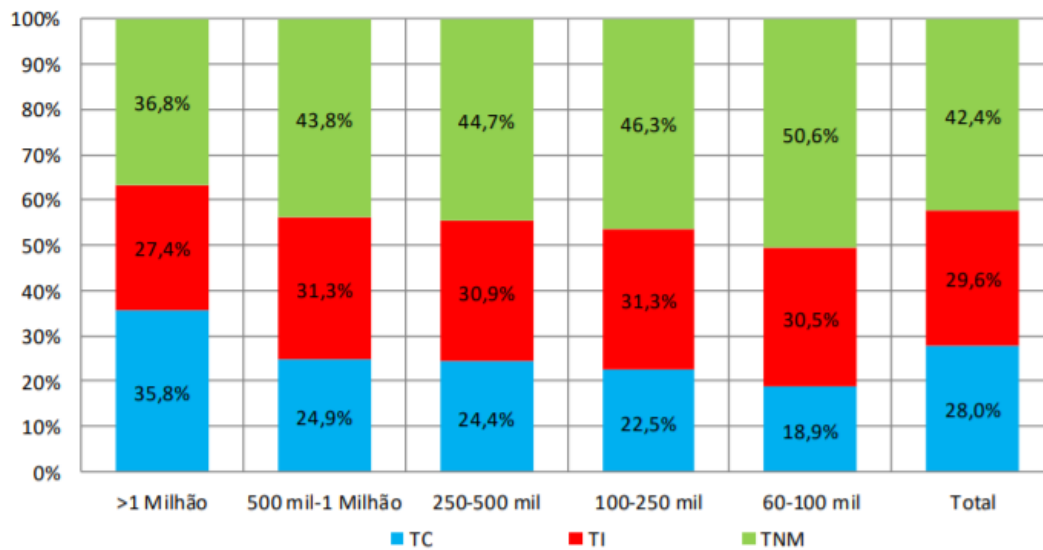


Figura 2.3- Distribuição percentual das viagens por porte de município em 2017

Fonte: ANTP (2020)

É percebido a relação direta de diminuição da porcentagem de viagens diárias por habitantes por meio do modo de transporte coletivo à medida que diminui o porte do município. A ANTP (2020) destaca a maior participação dos modos motorizados nos municípios de maior porte enquanto que os municípios menores possuem maior participação dos modos ativos, salientando a importância de considerar essa diferença na política de mobilidade urbana dos municípios.

Na análise da demanda pelo TPU, a NTU (2018) destaca a tarifa e o desempenho do serviço ofertado como elementos importante para o diagnóstico do setor que, juntamente com a demanda, são responsáveis por garantir a oferta do serviço de modo sustentável e viável. Em uma análise individual sobre os custos e tarifas do TPU, no período de 1995 a 2018, o relatório apontou alguns fatores preocupantes como:

- Aumento linear nos custos de insumo do TPU (Mão de obra, combustível e custos contratuais e operacionais diversos) implicando no aumento da tarifa de 847,5% ao longo do período, valor muito acima da inflação de 387,09%;
- Custo para se ter e manter um transporte individual muito abaixo do custo do transporte coletivo (703,7% a menos), indicando a priorização do transporte individual pelo sistema atual;
- Incidência das gratuidades, com média de 20,9% dos passageiros, onerando o custo da tarifa, cujo valor é repassado aos usuários pagantes.



As implicações da tarifação na demanda do TPU são demonstradas detalhadamente nos trabalhos de De Carvalho e Pereira (2011), De Carvalho *et al.* (2013) e De Carvalho (2016), enfatizando a necessidade de políticas de subsídio no país que, conforme Gomide e Galindo (2013) são indispensáveis e comuns em muitos países, mas para sua efetivação é necessário uma gestão municipal capacitada e regulamentada para que o subsídio a ser adotado alcance plenamente seus objetivos. Para Motta *et al.* (2012) o transporte coletivo por ônibus demonstra ineficiência operacional que, controlado por empresas privadas sem subsídio governamental, ocasiona a exclusão social. A NTU (2018) aponta que o financiamento adequado das gratuidades, por fontes exclusivas de custeio, poderiam reduzir imediatamente o valor das tarifas e garantir justiça social aos usuários do TPU.

O relatório da NTU (2019) também destaca o transporte responsivo à demanda como um fator que impacta negativamente o uso do TPU, onde a concepção de complementariedade dos serviços (alcançando as rotas flexíveis e colaborando com a intermodalidade até os pontos e estações de TPU) está sendo sobreposta aos serviços de TPU e disputando por usuários, o que compromete o equilíbrio econômico-financeiro dos sistemas de transporte, principalmente nos deslocamentos mais rentáveis (curtas distâncias).

Como consequência destes e de outros fatores associados, a demanda pelo TPU vem decrescendo nos últimos 25 anos. No período de 1994 a 2012 ocorreu uma redução na demanda de passageiros pagantes avaliada em 24,4% e, entre 2013 e 2017, a queda foi de 25,9% (NTU, 2018). Já na análise de abril de 2019, comparada a abril de 2018, a redução foi de mais 4,3% na demanda (NTU, 2019).

A Figura 2.4 ilustra a demanda no período de 2013-2019 nas principais cidades brasileiras, como Belo Horizonte/ MG, Curitiba/PR, Fortaleza/CE, Goiânia/GO, Porto Alegre/RS, Recife/PE, Rio de Janeiro/RJ, Salvador/ BA e São Paulo/SP.

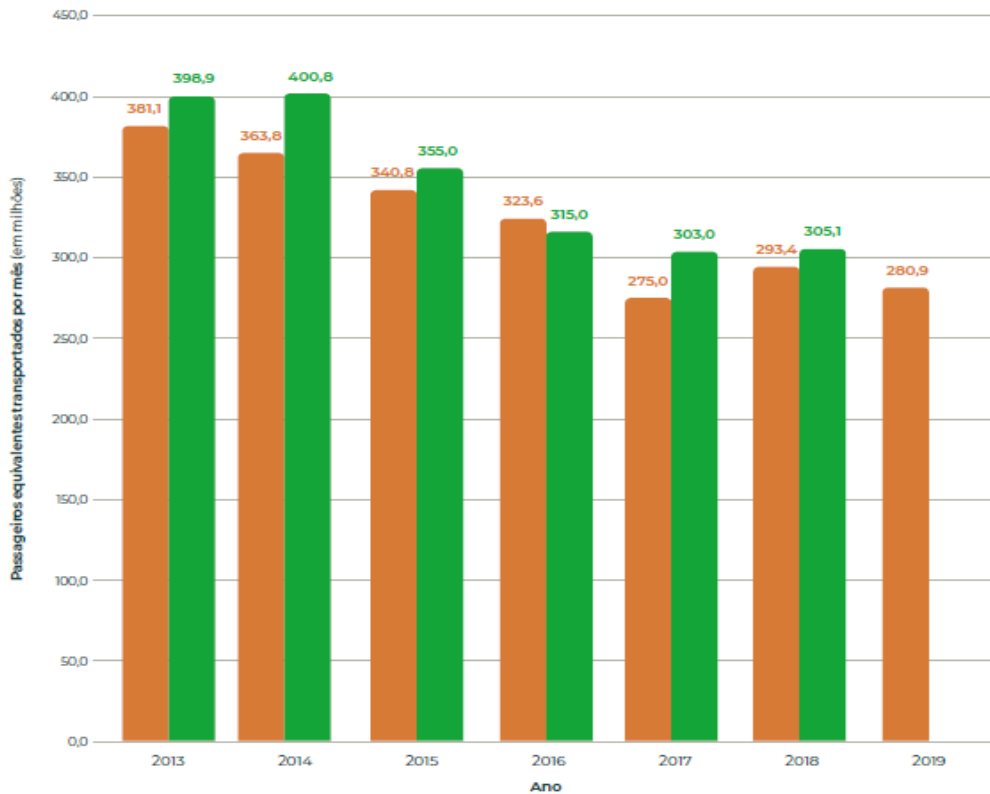


Figura 2.4 - Evolução dos passageiros equivalentes transportados por mês nos ônibus

FONTE: NTU (2019)

É observado uma leve estabilidade na demanda de usuários pagantes transportados em 2018 em comparação com 2017, porém, segundo a NTU (2019), esse resultado não representou uma interrupção na queda significativa nem o início de uma fase de crescimento, dado também que, comparando com o mesmo período de 2019 houve novamente uma queda na demanda.

Um destaque recente na demanda por viagens e no comportamento dos usuários é o contexto vivenciado pela pandemia do Covid-19, que demonstra certa mudança no comportamento da população em relação a escolha pelo modo de transporte e a possibilidade de que tais mudanças possam perdurar mesmo após a pandemia. O momento pode ser visto também como uma oportunidade para a promoção de práticas sustentáveis relacionadas ao modo de viagem da população. De Vos (2020) denota algumas dessas recentes mudanças no comportamento de viagens da população devido a necessidade de distanciamento social trazida pela pandemia, como a diminuição da demanda por viagens pela quantidade de pessoas trabalhando em casa, *e-learning* e redução de atividades e eventos públicos, bem como o aumento de compras por internet, incluindo alimentação e vestuário que, de modo particular, incita uma maior demanda de viagens direcionadas à entregas. Os autores descrevem sobre a

possibilidade de menos tráfego de automóveis e na redução do número de passageiros no TPU, ocorrendo em possíveis mudanças na escolha de modo de usuários habituais de TPU para o uso de táxis e serviços de carona. No caso de viagens curtas e recreativas, é esperado também o aumento de caminhadas e ciclismo, uma vez que o contato social é facilmente evitado durante viagens ativas. Em relação ao TPU por ônibus, Chen et al (2020) destacam ainda que, o compartimento de ônibus é um espaço relativamente estreito com grande fluxo populacional, alertando o modo de transporte como potencial de disseminação da pandemia.

Porém, este trabalho não considerou as mudanças recentes que podem advir da pandemia, tendo ainda que, a necessidade de promover o uso do TPU será pertinente mesmo após esse contexto, sendo um dos principais meios motorizados sustentáveis para as cidades. Portanto, diante do apresentado e da necessidade de incentivo e aumento significativo da demanda pelo TPU é importante compreender as variáveis relacionados ao seu uso, buscando sustentar e/ou aumentar o número de passageiros e a frequência das viagens. Na seção seguinte é descrita as variáveis relevantes para avaliar o uso do TPU de acordo com a literatura pesquisada.

## **2.2 DETERMINANTES NO USO DO TRANSPORTE PÚBLICO**

Diversas variáveis são identificadas regularmente em importantes estudos que buscam compreender o uso do TPU. Este capítulo visa sintetizar variáveis relevantes na escolha e na demanda pelo TPU de modo geral e, em sequência, descreve de forma mais detalhada, a importância das variáveis de qualidade percebida, do ambiente construído e da segurança no uso do TPU. É verificado que poucos trabalhos relacionam a influência dessas variáveis em conjunto na avaliação do uso do TPU, especialmente na frequência com a qual os usuários utilizam esse modo de transporte. A identificação dessas variáveis auxilia na composição do modelo de regressão posterior, viabilizando as variáveis possíveis de considerar, diante de limitações do trabalho quanto as disposições de dados e quanto ao objeto de estudo.

### **2.2.1 Variáveis relevantes associadas ao uso do TPU**

As viagens sempre foram descritas e caracterizadas por diversos níveis de abstração, variando de um motivo de viagem a trabalho até o itinerário completo, contendo características sócio demográficas do fabricante de viagem e da família. A lógica por trás dessas classificações é o reconhecimento por planejadores e modeladores de que a demanda de transporte é extremamente distinta (CHU e CHAPLEAU, 2010).

Para Pitombo (2007), na análise de demanda por transportes, é importante ressaltar a possibilidade de relação entre as necessidades individuais de realizar atividades dispersas espacialmente, a estrutura urbana, as características individuais e domiciliares, as diferenças no comportamento relacionado as viagens e o sistema de transporte. Porém, modelos tradicionais de demanda por viagens assumem que um indivíduo realiza uma escolha consciente baseada no equilíbrio entre a percepção de custos e nível de serviço e os benefícios associados às características individuais e domésticas, considerando ainda que ele está ciente de todas as alternativas disponíveis de viagens. Assim, muitas vezes, é ignorado os efeitos da inatividade, informações incompletas e das atitudes e percepções dos viajantes, carecendo de análise comportamental (VIJ *et al.*, 2013).

Para Arana *et al.* (2014) diversos fatores influenciam a escolha e o nível de uso de diferentes modos de transporte, como fatores econômicos, geográficos ou sociológicos. Haslauer *et al.* (2014) complementam que um planejamento espacial direcionado para o futuro precisa enfrentar os desafios de integrar tais fatores. Em destaque, as variáveis socioeconômicas são comumente testadas em diversos estudos relacionados ao uso do TPU e, frequentemente, são apontadas como as mais relevantes dentre uma gama de fatores avaliados. Han *et al.* (2018) apontam que, o comportamento de escolha é influenciado pelas características individuais de cada passageiro, como gênero, escolaridade e ocupação, que são motivados por desigualdades culturais.

Em uma revisão realizada por Chiou *et al.* (2015) de estudos associados ao patrocínio do TPU, foi verificado diversas variáveis importantes, dentre elas as de caráter socioeconômico, como população, emprego, renda (ressaltando a baixa renda familiar) e faixa etária, além de aspectos de transporte individual, do TPU e de uso do solo. Em termos práticos, Tembe *et al.* (2019) verificaram que, a propriedade de veículo, a renda e o status de emprego foram fatores determinantes na diminuição da probabilidade de usar ônibus nas duas cidades avaliadas, localizadas na África subsaariana. Badoe e Yendeti (2007) relacionaram as variáveis como idade, gênero, ocupação, status de emprego, número de pessoas licenciadas para dirigir na residência e acessibilidade ao TPU, como fatores potenciais na decisão de possuir um passe de TPU mensal e investigaram o impacto que a propriedade do passe teria no número diário de viagens em Toronto, Canadá.

Outro fator importante, avaliado em estudos correlacionados, é a percepção dos viajantes em relação à variáveis latentes na avaliação da escolha de modo, como flexibilidade, conforto, segurança, conveniência e confiabilidade, e não somente as variáveis quantificáveis como tempo de viagem, custo e renda (SARKAR e MALLIKARJUNA, 2017; YANG *et al.*,

2018). A confiabilidade, segurança, conforto, acessibilidade, custo e pontualidade dos modos de transporte disponíveis foram abordados pelos autores Han *et al.*, (2018); Yang *et al.*, (2018) e He e Thøgersen, (2017) para avaliar a qualidade percebida dos modos de transporte, principalmente do TPU. Estudos que avaliam a qualidade do TPU, especificamente, buscam melhorias no sistema por meio da identificação da percepção dos usuários, analisando seu nível de satisfação em relação a diversas variáveis latentes relacionadas as características operacionais, humanas, ambientais e de infraestrutura dos sistemas de TPU (SANTOS, 2019).

Também variáveis psico-sociais, como os aspectos pessoais, normas ambientais, hábitos, intenções e motivações, foram associados com o uso de modo de viagem por diversas pesquisas (por exemplo, Kuppam *et al.*, 1999; Cullinane, 2002; Yáñez *et al.*, 2010; Şimşekoğlu *et al.*, 2015; Hess *et al.*, 2018; Haustein *et al.*, 2018; Malokin *et al.*, 2019).

Uspalyte-Vitkuniene e Burinskiene (2007), demonstram que o nível de serviço também pode ser dimensionado por variáveis calculadas como pelas rotas escolhidas de maneira ideal, frequência e acessibilidade das rotas. Cervero *et al.* (2010) também avaliam aspectos como a frequência de ônibus, velocidades de operação, conexão dos ônibus alimentadores e faixa dedicada aos ônibus, para medirem o nível de serviço prestado.

Os autores ressaltam, ainda, a importância de considerar características de qualidade de serviço e recursos operacionais para os passageiros de TPU, ao desenvolverem um modelo de demanda direta que aborda os atributos de qualidade do serviço e características da parada de ônibus. Os fatores avaliados foram: presença de abrigo e/ou banco nos pontos de ônibus, informações sobre horários no ônibus, presença de Sistemas de Informações para os passageiros, presença de pontos de ônibus no lado oposto da linha de BRT (*Bus Rapid Transit*), presença de identificação de BRT na parada e faixa exclusiva para ônibus.

Nazem *et al.* (2015) propõem um “Modelo de oportunidades de intervenção” para distribuição de viagens de TPU, considerando que a duração ou a distância da viagem não são os únicos fatores de influência para as viagens de TPU, outras variáveis como o nível de serviço do TPU e o número de oportunidades em potencial na zona de destino também podem ser relevantes. Ye e Titheridge (2017) desenvolvem um modelo que avalia as variáveis que influenciam na satisfação da viagem, considerando características da viagem e sociodemográficas, do ambiente construído e das atitudes perante o modo de transporte que utiliza.

Assim, é observado que variáveis relacionadas à aspectos físicos dos sistemas de transporte e das cidades também tem sido relevante na escolha e demanda por transportes. Para Faroqi e Sadeghi-niaraki (2015), os sistemas de transporte geralmente envolvem questões

relacionadas ao uso da terra, informações demográficas e dados econômicos e ambientais, resultando em uma variedade de dados e, a maioria desses, possuem referência de localização, ou seja, dimensões espaciais, devendo ser consideradas em conjunto. Portanto, a compreensão das características do ambiente construído também auxiliam na promoção do TPU de forma eficiente (YU *et al.*, 2018), como verificado nos trabalhos de Chow *et al.* (2006), Chiou *et al.* (2015), Psaltoglou e Calle (2018) e Ko *et al.* (2019).

Nkeki e Asikhia (2019) analisam a variação espacial no comportamento de viagem em um conjunto com variáveis relacionadas ao ambiente construído, considerando também fatores individuais dos passageiros, como as variáveis demográficas e socioeconômicas. Grieco *et al.*, (2015) propõem um índice para medir o ambiente construído voltado a mobilidade sustentável, destacando que tais fatores são de grande relevância sobre a frequência, distância e o modo das viagens. Além de ressaltar fatores relacionados aos indivíduos como o gênero, a idade, a renda, cultura e questões relacionadas à segurança.

Assim, características espaciais que remetem a segurança, como incidência de crimes e acidentes viários e a percepção de segurança são também relacionadas a escolha por modos de transporte, principalmente dos modos de transporte sustentável, incluindo assim o TPU, como nos estudos de Delbosc e Currie (2012), Da Silva (2017) e Nordfjærn e Rundmo (2018). Avaliações de risco no TPU são importantes de serem consideradas pois, quando elevadas, induz a barreira para o uso desse meio de transporte e podem ser objeto de promoção do uso do carro, sendo importante analisar as associações entre ocorrências de eventos anteriores ou atuais relacionados à segurança, propondo reforçar o uso do TPU (NORDFAERN e RUNDMO, 2018).

Portanto, é observado que inúmeras variáveis relacionadas as características do indivíduo e da viagem, a sua percepção do modo de transporte e fatores relacionados ao desenvolvimento físico e espacial das cidades influenciam no uso do TPU. Os tópicos seguintes apresentam com maior detalhe as variáveis importantes ao avaliar a qualidade percebida de um sistema de TPU, os fatores relacionados ao ambiente construído e suas dimensões e os aspectos de segurança.

### **2.2.2 “Qualidade percebida”**

Diante da necessidade de reter os usuários existentes e atrair novos usuários, o investimento na qualidade do TPU é essencial e este deve ser focado na satisfação dos usuários (BARCELOS *et al.*, 2017). Além disso, Ferraz e Torres (2004) afirmam que o cliente do sistema

de TPU e da empresa operadora é o passageiro, que tem direito a um serviço satisfatório e que o motive a prosseguir com o uso do TPU para seus deslocamentos.

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 a perspectiva dos usuários (DIEZ-MESA *et al.*, 2016). Yang *et al.* (2018) realçam ainda que, é possível tomar medidas para melhorar sentimentos subjetivos dos viajantes, principalmente quando detém dificuldade em melhorar o tempo e o custo do TPU.

As variáveis latentes têm o objetivo de representar elementos subjetivos no comportamento de escolha dos usuários, já que possuem características intangíveis, tentando representar variáveis que não são quantificáveis na prática e, apesar de influenciarem o comportamento e as percepções individuais, não possuem uma escala de mensuração (YÁÑEZ *et al.*, 2010).

Constantemente, é necessário medir essas variáveis por meio de variáveis observadas relacionadas, visto que não podem ser observadas diretamente (HAN *et al.*, 2018). Yáñez *et al.* (2010) dizem que a identificação bem embasada de variáveis latentes leva a geração de indicadores de percepção, requerendo uma pesquisa de preferência revelada ou declarada, de modo que capture as percepções dos usuários em relação a alguns aspectos que não poderiam ser medidos de outra forma. Desse modo diversos autores consideram variáveis latentes relacionadas a qualidade do TPU para compreender a satisfação dos usuários.

São muitas as variáveis que podem influenciar e definir o nível de satisfação dos usuários e um dos métodos mais utilizados para coletar os níveis de satisfação é por meio de pesquisa de satisfação junto aos usuários (CSS – *customer satisfaction survey*) que, para De Oña & De Oña (2015) é a principal metodologia para coletar suas opiniões. Weng *et al.* (2018) trazem que a realização de pesquisas de satisfação dos usuários de forma precisa auxilia no planejamento operacional do TPU e no processo de tomada de decisão. Assim, é necessário definir as variáveis mais importantes que determinam a qualidade do sistema, dentre as muitas que contribuem para as percepções do usuário (MARAGLINO *et al.*, 2014).

Ferraz e Torres (2004) apontam alguns parâmetros importantes que afetam a qualidade do TPU por ônibus. A seguir é apresentado uma breve descrição destes parâmetros, segundo os autores:

- **Acessibilidade:** compreende a distância da origem da viagem até o local de embarque e do local de desembarque até o destino final e o conforto com o qual tais trajetos são

realizados, por exemplo: condições das calçadas, declividade do percurso, facilidade para cruzar as ruas, iluminação pública, segurança pessoal, dentre outros;

- Frequência: sendo o intervalo de tempo entre dois ônibus;
- Tempo de viagem: compreende o tempo total da viagem, afetado por fatores como a velocidade dos ônibus, os trajetos das linhas, faixa para ônibus e paradas de ônibus;
- Lotação: no geral, varia com o período em que os usuários fazem uso do transporte público. É medido pela percepção e/ou pela taxa de passageiros em pé por metro quadrado;
- Confiabilidade: corresponde ao grau de certeza dos usuários quanto ao cumprimento dos horários pré-estabelecidos. Está diretamente ligada a pontualidade;
- Segurança: em geral, corresponde aos acidentes envolvendo os veículos de transporte público e a atos de violência (agressões, roubos, etc) no interior do veículo ou nos pontos de ônibus;
- Características dos veículos: refere-se ao estado de conservação e tecnologia que o transporte público oferece, avaliado, por exemplo, quanto a idade veicular, número de portas, altura dos degraus e largura do corredor;
- Características das paradas: refere-se à identificação/sinalização adequada dos pontos de ônibus, e a existência de assentos e cobertura nos pontos;
- Sistemas de informação: envolve todos os meios de comunicação com o usuário, seja por tabelas de horários e mapas dos itinerários disponíveis ou informações por telefone;
- Conectividade: corresponde a facilidade de deslocamento entre dois locais da cidade. Inclui a integração física e tarifária dos modos de transporte;
- Comportamento dos operadores: inclui os aspectos relacionados aos funcionários do sistema de transporte público, como o atendimento, cortesia, respeito, e também, em relação aos motoristas, a habilidade e cuidado na direção;
- Estado das vias: qualidade da superfície das vias nas quais os trajetos são realizados, incluindo pavimentação e sinalização e, a presença de fatores agravantes como excesso de lombadas, buracos, poeira e lama.

Estudos como de Mouwen (2015), Maraglino *et al.* (2014), Grisé e El-Geneidy (2017), Diana *et al.* (2016), Diez-Mesa *et al.* (2016), Efthymiou *et al.* (2017) e Guirão *et al.* (2016) apresentam pesquisas de satisfação dos usuários, porém, é observado diferenças na coleta e tratamento dos dados, de acordo com os objetivos propostos em cada estudo.



Algumas pesquisas buscam identificar os indicadores mais importantes para os usuários de forma declarada ou direta, em que se utiliza uma escala *Likert* ou métrica para obter a importância de cada indicador. Outra maneira de definir a importância é por meio da forma indireta, chamada também de importância derivada, que se obtém por meio de técnicas estatísticas a partir das avaliações de satisfação dos usuários (SANTOS, 2019).

Assim, a qualidade do TPU pode ser definida por meio do grau de importância e/ou por meio do nível de satisfação atribuído aos indicadores de qualidade. O trabalho de Maraglini *et al.* (2014) se esforçou na melhoria da qualidade do sistema de TPU por meio do estudo das principais variáveis que influenciam a qualidade percebida pelos usuários de Santander, na Espanha. Os autores avaliaram, por meio de um modelo multinomial *probit* ordenado, a média do nível de satisfação em relação a diversos indicadores, dentre eles frequência, cobertura de área e serviço, tarifa, conectividade, instalações para carregar bagagens e outros itens, informação no ônibus e nos pontos, acessibilidade, segurança, limpeza, conforto, lotação e habilidade e cordialidade do motorista.

Os autores Grisé e El-geneidy (2017) apresentam um método para avaliar especialmente os dados da pesquisa de satisfação do cliente com o serviço de ônibus em bairros de diferentes níveis de status socioeconômico. Fazendo análise do componente principal, os critérios de satisfação utilizados foram agrupados em: satisfação com a experiência durante a viagem e no interior do ônibus; satisfação com o desempenho e com a qualidade do serviço da viagem; e satisfação com o ponto de ônibus e abrigo.

Ekinci *et al.*, (2018) segmenta 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 transporte e das variáveis socioeconômicas idade, gênero, nível de educação e frequência de viagem. Birago *et al.*, (2017) buscam explorar as razões por trás da não preferência dos passageiros pelo *Metro Mass Transit* (MMT) para o deslocamento dentro da cidade em Accra, Gana, avaliando a percepção do nível de serviço do MMT em relação a variáveis que incluem confiabilidade, frequência, acessibilidade, tempo de viagem, facilidade de transporte, preço, estado do veículo, segurança, conforto e estética. No estudo, os autores avaliaram a percepção do nível de serviço para três categorias de pessoas, sendo elas: usuários frequentes, usuários ocasionais e não usuários, analisaram ainda a diferença dessas percepções para homens e mulheres, de acordo com a idade dos viajantes e em relação a renda média mensal.

Yang *et al.* (2018) simulam um cenário de melhoria do sistema de TPU em relação a velocidade, acessibilidade e conforto considerando que foram variáveis importantes para os

residentes de Pequim. No modelo, atraindo potenciais usuários para o TPU acarretaria na diminuição das emissões de poluentes em até 16,6%. Han *et al.* (2018) verificou que em Jinan, na China, os passageiros que aguardavam na estação de ônibus eram mais propensos a escolher o TPU para realizar viagens quando tinham um maior grau de satisfação do ônibus, incluindo segurança, conforto e conveniência e/ou quando percorriam distâncias maiores.

No Brasil, os autores Antunes e Simões (2013) pesquisam o nível de satisfação, 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.

Neste trabalho, a qualidade percebida do modo de TPU foi medida por meio do nível de satisfação dos usuários em relação a diversos indicadores de qualidade, visando compreender se essas variáveis podem impactar na frequência com a qual os usuários utilizam os serviços de TPU. Assim, foi questionado o nível e satisfação de forma direta, atribuindo uma nota a cada indicador. Os indicadores foram desenvolvidos por meio de uma revisão bibliográfica e selecionado os mais relevantes para o objeto de estudo.

### **2.2.3 “Ambiente construído”**

As variáveis do ambiente construído também possuem grande relevância no comportamento e na escolha da viagem (DING *et al.*, 2017; WANG e LIN *et al.*, 2013; WANG e ZHOU, 2017; VAN DE COEVERING *et al.*, 2018; VAN WEE *et al.*, 2019) e, conseqüentemente, na utilização do TPU (YU *et al.*, 2018; LIU *et al.*, 2019). O estudo realizado por Ewing e Cervero (2001) demonstra que a frequência de uso de transporte é representado primeiramente em função de características socioeconômicas dos viajantes e, posteriormente, em função do ambiente construído, que foram inicialmente caracterizados por densidade, design e diversidade (3D). Estudos posteriores complementam que, o destino ao TPU e a acessibilidade ao destino completam os 5D's que caracterizam o ambiente construído (do inglês: *density, diversity, design, distance to transit, and destination accessibility*) (EWING e CERVERO, 2010; YU *et al.*, 2018).

Liu *et al.* (2019) apontam ainda que, literaturas recentes estendem as características do ambiente construído à 6D's, acrescentando características demográficas dos viajantes (*demographic characteristics of travellers*), e reafirmam que estes afetam evidentemente a demanda por TPU e o comportamento dos passageiros. Mazumdar *et al.*, (2018) demonstram a importância de tais fatores, como por exemplo:

- O destino apresenta uma forte correlação com a mobilidade, em que mede a proximidade de uma variedade de locais, como varejo, esportes, recreação, saúde, etc. apontando estudos que investigam a capacidade de caminhada mapeados por meio do destino.
- A densidade, que consistia inicialmente em densidade residencial e de emprego, já foi estudada também por pesquisadores abordando a densidade populacional.
- A diversidade pode se dar pela medida dos diversos tipos de uso da terra, como para fins residenciais, comerciais e recreativos de maneira compartilhada e não segregada, incluindo parques e espaços verdes;
- O design captura padrões de rede das ruas, larguras de ruas, limites de velocidade, condições para pedestres e provisões para bicicletas, entre outros.

Yu *et al.* (2018) consentem que para a promoção do uso do TPU de forma eficiente é necessário associar o comportamento de viagem ao ambiente construído, como uso do solo, desenho urbano e infraestrutura de transporte. Em complemento, Chiou *et al.* (2015), avaliam que, além das características socioeconômicas e do transporte individual, o uso misto do solo, a acessibilidade e fatores relacionados ao TPU, como rotas, frequência, transferência nos terminais/estações e taxa tarifária, são fatores relevantes em diversos estudos sobre patrocínio do TPU. Wang e Zhou (2017) revisam estudos aplicados na China que consideram fatores do ambiente construído no comportamento de viagem e destacam que os aspectos mais utilizados na literatura são: relações emprego-habitação; acessibilidade de transporte; tipos de vizinhança; densidade populacional; localização residencial; acessibilidade de instalações de serviço; zonas residenciais; uso misto da terra; e, desenho da rua.

Em termos práticos, Liu *et al.*, (2019) estudam como os fatores do ambiente construído e não construído afetam as políticas de tarifas, dada uma mudança na política tarifária de 2017 introduzida no sudeste de Queensland, Austrália, modelando como a reforma afetou o número de passageiros no TPU. Como variáveis independentes os autores consideraram variáveis demográficas (índice socioeconômico), diversidade do uso do solo e diversidade cultural, densidade populacional e densidade das rotas de diferentes tipos de TPU, acessibilidade ao destino (medido pelo número total de paradas/estações do TPU) e acessibilidade ao trabalho e a área central pelo TPU.

Em relação ao uso do solo, Gutierrez (2013) afirma que é importante compreender sua influência na demanda por transportes, sendo um fator importante que contribui para a geração de viagens. O autor cita que, em geral, a residência é a produtora da viagem, sendo a origem do

deslocamento, então o uso dos solos classificados como residenciais geralmente não atraem viagem, mais sim os demais usos como comércios, serviços ou indústrias, que contém atividades que os indivíduos desejam realizar, ou seja, os motivos pelos quais eles decidem fazer viagens.

Yu *et al.* (2018) avaliaram, em Shenzhen na China, como variáveis relacionadas ao ambiente construído e variáveis socioeconômicas afetam as viagens de TPU em vilas urbanas em que residem grupos de baixa renda, avaliando tais fatores na escolha do modo, tempo e distância da viagem. De modo similar, Wang e Lin (2013) estudam o impacto no comportamento de viagem de fatores simultaneamente relacionados ao ambiente construído e ao ambiente social em Hong Kong, China. Os fatores avaliados pelos autores sobre o ambiente construído incluem densidade populacional, porcentagem de pessoas que vivem e trabalham no mesmo distrito, porcentagem de moradias públicas para aluguel e uma medida de acessibilidade. Lin *et al.*, (2017) relacionam variáveis do ambiente construídos a atitudes e comportamentos de viagens e características socioeconômicas para examinar a autoseleção residencial e a determinação de ambiente residencial, utilizando variáveis relacionadas a residência, distância desta ao centro e ao trabalho e ainda, variáveis latentes relacionadas a percepção do TPU, como percepção de acesso ao TPU e tempo de caminhada para acesso a estação de metrô e ponto de ônibus.

Especificamente sobre acessibilidade ao TPU, essa tem sido foco de diversos estudos na literatura, como uns dos principais aspectos para promover o uso do TPU (LANGFORD *et al.*, 2012; TRIBBY e ZANDBERGEN, 2012; GARCÍA-PALOMARES e GUTIÉRREZ, 2013; CHEN *et al.*, 2016; SARKER *et al.*, 2018). Gutierrez (2013) ressalta que a acessibilidade é um atributo do território e a mobilidade é um atributo das pessoas, referindo a capacidade de se movimentar. Sendo a acessibilidade e mobilidade itens complementares, melhorias no sistema de transportes podem influenciar na acessibilidade do entorno do sistema, como no uso do solo e no aumento da mobilidade dos residentes. 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.

Para Ji e Gao (2010) a acessibilidade do TPU fornece uma escala racional para medir a conveniência, bem como um bom vínculo com a satisfação das pessoas, presumindo que estas consideram que acessibilidade é boa quando podem viajar convenientemente por TPU para outros lugares da cidade, sentindo-se satisfeitas com o tráfego público. Tais autores buscaram em seu trabalho medir os índices de acessibilidade por meio da representação das condições físicas dos ambientes espaciais, como serviços de TPU, características regionais e construção

de estradas. Wells e Thill (2012) descrevem que o acesso ao ônibus pode ser compreendido por diversos tipos de variáveis, como número de pontos de ônibus por área determinada, número de rotas, frequência do serviço, acesso aos principais destinos, tempos de transferência, entre outros. Chiou *et al.* (2015) complementam que, a acessibilidade ao TPU pode ser verificada pela tarifa, acessibilidade da estação, frequência do serviço, serviço de alimentação das estações/pontos e estacionamento.

Medidas de acessibilidade ao ponto/estação de TPU a pé são realizadas por meio de cálculos da distância do usuário até a parada mais próxima (CHOW *et al.*, 2006; CERVERO *et al.*, 2010) e/ou por meio de buffers em torno das paradas para compreender a proximidade das pessoas ao sistema de TPU (CERVERO *et al.*, 2010; ALJOUFIE, 2014).

Por fim, Zuo *et al.* (2020) apresentam que a falta de acessibilidade na primeira e última milha, que são os trajetos percorridos para chegar ao ponto/estação do TPU e para chegar ao destino final, respectivamente, torna o serviço de TPU inviável e causa má acessibilidade às atividades de TPU, ocasionando em potencial redução do número de passageiros. Meng *et al.* (2020) afirmam que modos compartilhados de carro, bicicleta e *e-scooter* vinculados ao TPU podem melhorar a acessibilidade, visando atender à preferências públicas específicas, reduzir a desigualdade social e minimizar dilemas do lado da demanda.

#### **2.2.4 “Segurança”**

Um aspecto importante relacionado ao uso dos transportes é a segurança, tanto em termos de percepção dos viajantes em relação à segurança, quanto a quantidade de ocorrências relacionadas à segurança pública e viária. Ambas influenciam na escolha das rotas de deslocamento, principalmente para o uso de transportes sustentáveis. Em relação ao TPU, a segurança influencia na escolha de realizar determinados trajetos para acesso ao ponto de ônibus ou estação do TPU, que inclui a necessidade de caminhada até este local e o tempo de espera na estação, que devem ser seguras para incentivar o uso do TPU. Delbosc e Currie (2012) analisam a percepção de segurança pessoal relacionada ao crime no TPU, indicando também a importância de avaliar os sentimentos de segurança em relação a confiança nas pessoas e segurança em casa e na rua, como variáveis relevantes no uso do TPU. Os autores concluem em sua análise que, apesar da percepção de segurança ter uma influência pequena no número de passageiros, ela não está muito abaixo da propriedade de carro e, ainda, é mais influente que a distância até o centro da cidade.

Da Silva (2017) abordam em sua pesquisa a relação entre a escolha por transportes sustentáveis com a criminalidade e com o sentimento de medo em relação ao crime,

relacionando ao ambiente construído por meio das instalações das ruas. Fatores relacionados a percepção e/ou satisfação dos passageiros em relação à segurança (pessoal, patrimonial e sobre instalações) são abordados, frequentemente, em relação ao transporte utilizado, como nos trabalhos de Sarkar e Mallikarjuna (2017) e Han *et al.* (2018) e, como um indicador de qualidade do TPU (MARAGLINO *et al.*, 2014; NOOR *et al.*, 2014; NGOG *et al.*, 2017; AZMI *et al.*, 2018; BOSE e PANDIT, 2019). O estudo de Verma *et al.* (2020), realizado com jovens mulheres, na Índia, aponta que, a experiência com a viagem e as condições das infraestruturas físicas podem influenciar na percepção geral de segurança no TPU.

No Brasil, devido à violência intencional, 553 mil pessoas perderam suas vidas nos últimos dez anos. Dados relacionado a segurança pessoal, por exemplo, de homicídios em 2016, alcançou a marca histórica de 62.517 vítimas. A taxa equivale a 30,3 mortes para cada 100 mil habitantes, correspondendo a 30 vezes a taxa da Europa (IPEA e FBSP, 2018). Em relação as cidades, desde meados dos anos 2000, está ocorrendo um processo de disseminação do crime para cidades menores, onde uma parcela maior de municípios respondem a metade das mortes violentas no país, comparando com 2015 (IPEA e FBSP, 2018). O estudo de Cerqueira *et al.* (2016), infere que, no Brasil, o crime violento não ocorre de maneira homogênea nos municípios e sim concentrado em poucos bairros e certas localidades. Os autores destacam, como elemento crucial para instruir as políticas públicas, sobretudo no campo da segurança, a importância de compreender a diversidade urbana que ocorre dentro de um mesmo município, bem como as consideráveis diferenças na provisão e qualidade dos serviços públicos para as diferentes regiões socioeconômicas.

Assim, devido a importância da segurança na escolha de modo de transporte, incluindo o TPU, neste trabalho foi abordado tanto a percepção da segurança pública e viária ao utilizar o TPU quanto o mapeamento das ocorrências de crimes e acidentes viários.

## **2.3 ANÁLISE ESPACIAL ASSOCIADA AO TRANSPORTE**

Neste capítulo é descrito sobre o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a importância de considerar aspectos espaciais na análise do uso do TPU.

### **2.3.1 Sistema de Informação Geográfica na compreensão do ambiente urbano**

O crescimento urbano, frequentemente desordenado, faz com que cidades adquiram formas diferenciadas. Devido à descentralização de oportunidades de empregos e outras atividades, hoje em dia, a estrutura urbana da maioria das grandes cidades é composta por

muitos centros. Para explicar comportamentos relacionados a viagens é importante analisar essa estrutura urbana, a distribuição das atividades e a forma como estas estão interligas pela rede de transportes (PITOMBO, 2007).

Dentro de um conjunto de opções e restrições, as pessoas tendem a determinar um padrão de viagens, e o comportamento referente as viagens é em função das necessidades individuais de realizar atividades distribuídas nas cidades e a maior ou menor facilidade de acesso as atividades é determinada pela disposição geográfica dos locais das atividades (comércio, serviço, educação, etc.) (ARRUDA, 2005).

Assim, é interessante analisar a distribuição espacial das construções e infraestruturas de acordo com as características territoriais, da distribuição da população e da atividade humana, permitindo compreender como a estrutura urbana se desenvolve ao longo do tempo e como os diferentes subsistemas urbanos influenciam uns aos outros. Para encontrar os processos de distribuição espacial, é necessário manipular uma grande quantidade de dados espaciais sobre áreas urbanas usando técnicas de análise espacial (CROCCO *et al.*, 2011).

As informações relacionadas a localização podem ser concentradas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). O SIG é aplicado para sistemas que utilizam técnicas computacionais de dados geográficos e resgatam informações com base em suas características alfanuméricas e também através de localização espacial, disponibilizando para o administrador todas as informações disponíveis sobre o ambiente avaliado (CÂMERA *et al.*, 2003). Estes sistemas de informação são projetados especialmente para capturar, armazenar, manipular e atualizar informações, além de mapear os dados espaciais e apresentar as referências geográficas dos objetos, analisando e exibindo informações geograficamente referenciadas (CARRARA, 2007; CROCCO *et al.*, 2011)

Nos últimos anos, a análise urbana tem sido agregada com a adoção do SIG, considerando que essa ferramenta pode gerar novas informações a partir daquelas armazenadas pela sobreposição automática de camadas geográficas, geração de áreas de influência e a análise de redes. Além disso um SIG integra análises estatísticas, com as vantagens da representação gráfica dos dados e da análise geográfica oferecida pelos mapas, permitindo estudar analiticamente as relações espaciais entre as variáveis que caracterizam o fenômeno em estudo (CROCCO *et al.*, 2011).

Para Faroqi e Sadeghi-Niaraki (2015), o SIG possui a importante função de inserir dimensões espaciais nos modelos de transporte, sendo uma ferramenta apropriada para integração de dados, porque as dimensões espaciais podem ser comunicadas entre diferentes sistemas. A seguir, destacam-se trabalhos que utilizam variáveis espaciais e que ressaltam a

importância de considerar tais variáveis nas análises de transporte, principalmente relacionado ao TPU.

### **2.3.2 Importância de considerar variáveis espaciais no uso do TPU**

Para Chow *et al.* (2006) os modelos de transporte de passageiros, a maioria de natureza agregada, utilizam variáveis demográficas, socioeconômicas, uso da terra, acessibilidade ao TPU e custo da viagem para modelar as escolhas do modo de viagem. No entanto, nota-se que o número de passageiros no TPU varia em uma área geográfica, ressaltando que pode haver mudanças espaciais na relação entre o uso do TPU e as variáveis independentes. Os autores reforçam ainda que, é possível as variáveis terem diferentes poderes explicativos em determinados locais e comprovada essa diferença, é necessário compreender, modelar e quantificar estas variáveis, visando a determinação de medidas mais eficazes para aumentar o uso do TPU e otimizar o investimento de recursos limitados.

Como exemplo, o trabalho de Grisé e El-geneidy (2017), que apresentou um método para avaliar espacialmente os dados da pesquisa de satisfação do cliente com o serviço de ônibus, verifica que há diferença das percepções dos usuários localizados em bairros de diferentes níveis de status socioeconômico. O estudo de Abenoza *et al.* (2017) identifica e caracteriza os usuários atuais e potenciais de TPU, identificando os determinantes mais importantes da satisfação com os serviços de TPU por segmento de usuários, além disso observa mudança nos resultados ao longo do tempo e em relação a variação geográfica entre os segmentos na satisfação geral.

Em análise da relação de características do ambiente construído, taxas de criminalidade e sentimento relacionado ao crime, os autores Delbosc e Currie (2012) apontam a necessidade de descompactar as características dos distritos (ou bairros) para compreender melhor a influência desses fatores. E para Zuo *et al.* (2020), que avaliam melhorias na primeira/última milha para acesso ao TPU, as variações nas distribuições espaciais socioeconômicas, de uso do solo e serviços de transporte, podem ter efeitos heterogêneos espaciais no aumento do uso do TPU. Para os autores é necessário uma melhor compreensão do efeito específico do local do acesso de primeira/última milha no número de passageiros do TPU, facilitando nos investimentos sustentáveis e na melhoria efetiva dos sistemas de TPU.

Kerkman *et al.* (2017) e Kerkman *et al.* (2018) demonstram, por meio de estudos de demanda e previsão de viagem, a importância de contabilizar a potencial dependência espacial entre observações na especificação desse modelos, afirmando que os modelos que levam em



consideração a dependência espacial superam os modelos convencionais em quase todos os aspectos avaliados.

Diante da necessidade de compreender como os fatores espaciais (ou seja, o ambiente construído) e não espaciais (ou seja, os atributos individuais) influenciam no comportamento de viagem e, ainda, de analisar como essa influência varia no espaço, Nkeki e Asikhia (2019), manipulam um conjunto de dados espaciais utilizando ambientes SIG e técnicas estatísticas espaciais, com o intuito de gerar dados para os índices adotados em seu trabalho para compor as variáveis do ambiente construído. Assim, como apontado em diversos estudos, é verificada a relevância da análise espacial nos modelos de avaliação do uso do TPU, sendo possível identificar a variação das variáveis observadas em relação a diferentes regiões geográficas.

## 2.4 REGRESSÃO LOGÍSTICA MULTINOMIAL

A técnica de regressão logística, utilizada quando a variável de resposta é qualitativa, e também a regressão linear, quando a variável de resposta é quantitativa, são pertencentes aos denominados Modelos Lineares Generalizados (MLG's) (ROCHA, 2014).

Os MLG's são uma extensão da regressão simples e múltipla e permitem modelar dados em situações onde a distribuição de probabilidade da variável resposta é do tipo exponencial. Estes modelos relacionam a distribuição aleatória da variável dependente no experimento com a parte sistemática através de uma função chamada função de ligação.

Mesquita (2014) apontam três componentes principais em que os MLG's são especificados:

- Aleatória: descreve a distribuição de probabilidade (família exponencial) da variável dependente (resposta);
- Sistemática: descreve uma função linear entre as variáveis independentes (explicativas);
- Função de ligação: descreve a relação matemática entre a componente sistemática e o valor esperado da componente aleatória.

A regressão logística surgiu por volta da década de 1960, com o intuito de realizar previsões ou explicar a ocorrência de determinados fenômenos quando a variável dependente é de natureza binária, e é uma técnica estatística utilizada para:

[...] descrever o comportamento entre uma variável dependente binária e variáveis independentes métricas ou não métricas. Ou seja, destina-se a investigar o efeito das variáveis pelas quais os indivíduos, objetos, ou sujeitos estão expostos sobre a probabilidade de ocorrência de determinado evento de interesse (Fávero *et al.*, 2009).

Fávero *et al.* (2009) apresentam a função logística em que é representada por uma curva em formato “S”, onde os valores variando de 0 e 1 representam a probabilidade de ocorrência do evento de interesse e segue a seguinte equação:

$$f(Z) = \frac{1}{1 + e^{-(Z)}} \quad (3.1)$$

Sendo Z:

$$Z = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (3.2)$$

Em que  $p$  indica a probabilidade de ocorrência de determinado evento de interesse,  $X$  representa o vetor de variáveis independentes e  $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros do modelo, em que é necessário estimá-los para a determinação da probabilidade de ocorrência do evento de interesse, que em geral, se faz por meio do método de máxima verossimilhança. O termo  $\ln(p/1-p)$  é chamado de *logit* e o termo  $(p/1-p)$  representa a chance (*odds*) de ocorrência do evento de interesse.

Assim, pode ser definido que a probabilidade de ocorrência de um evento de interesse é  $p = (\text{odds}/1+\text{odds})$ . A probabilidade de uma variável dependente ser igual a 1, dado o comportamento das variáveis explicativas  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , pode ser representada pela formulação (3.3) abaixo:

$$P(1) = f(y = 1 | X_1, X_2, \dots, X_k) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum \beta_1 X_1)}} \quad (3.3)$$

O objetivo da estimação dos parâmetros é encontrar uma função logística em que as ponderações das variáveis independentes permitam estabelecer a importância de cada variável para a ocorrência do evento de interesse, como também calcular a probabilidade de ocorrência desse evento (FÁVERO, 2009).

Já a regressão logística multinomial trata de um modelo de regressão logística que possibilita a variável categórica dependente apresentar mais de duas categorias, podendo ser de natureza nominal ou ordinal (FÁVERO, 2009; HAMID *et al.*, 2017). Uma das categorias da variável dependente deve ser escolhida como referência, a fim de compará-la com as demais. Por exemplo, uma regressão logística multinomial de três categorias, sendo 0, 1 e 2, com categoria de referência 0, seriam dadas por duas expressões (3.4) e (3.5) que calculam a probabilidade de ocorrência de determinado fenômeno em relação ao fenômeno de referência (FÁVERO *et al.*, 2009).

$$Z = \text{logit} = \ln \left[ \frac{P(\text{Resultado} = 1|X)}{P(\text{Resultado} = 0|X)} \right] = \alpha_1 + \sum \beta_{1i} X_{1i} \quad (3.4)$$

$$Z = \text{logit} = \ln \left[ \frac{P(\text{Resultado} = 2|X)}{P(\text{Resultado} = 0|X)} \right] = \alpha_2 + \sum \beta_{2i} X_{2i} \quad (3.5)$$

As estimativas de parâmetro se da pelo método de verossimilhança. É encontrada discussões com mais detalhes dos métodos de verossimilhança e estratégias de construção de modelos em Hosmer e Lemeshow (2000).

A interpretação dos parâmetros de um modelo de regressão logística é obtida comparando a probabilidade de sucesso com a probabilidade de fracasso, usando a função razão de chances (*odds ratio*). A razão de chances é dada pela razão entre as chances de um evento ocorrer devido a influência de determinado fator, e a chance do evento ocorrer sem a interferência deste fator, ou seja, é a medida de efeito que compara a probabilidade de determinada condição ocorrer entre grupos (MESQUITA, 2014)

O ajuste do modelo de regressão logística é dado, primeiramente, pelo teste de razão de verossimilhança (*likelihood ratio tests*), que é utilizado para comparar os valores preditos e observados, usando a função de verossimilhança, que, é dada por “menos duas vezes o logaritmo do quociente desses máximo” (MESQUITA, 2014). Quanto menor o valor da verossimilhança, melhor é a adequação do modelo (FÁVERO, 2009).

Outras medidas de ajuste e verificação do modelo é dada por meio do Pseudo R<sup>2</sup>, que se assimila a avaliação do R<sup>2</sup>, utilizado em regressão linear. Assim, as medidas de qualidade de ajuste são dadas em função dos resíduos definidos como a diferença entre o valor observado e o valor ajustado (MESQUITA, 2014). Neste trabalho será utilizado o teste de Nagelkerke para analisar tal medida de ajuste.

O teste de Hosmer e Lemeshow (*Goodness-of-fit test*) também é utilizado para verificar o ajuste do modelo. Fávero (2009) descreve que o teste é realizado por meio da verificação das classificações previstas para cada grupo se são igual à observadas. Isso é feito estratificando as observações em faixas (decis) e aplicando o teste Qui-quadrado (X<sup>2</sup>) para avaliar se há diferenças significativas entre as frequência observadas e esperadas nas faixas, uma a uma.

Para analisar o poder preditivo do modelo, a tabela de classificação se faz útil. Essa tabela é desenvolvida pelo estabelecimento de um ponto de corte (*cutoff*), sendo que os valores de probabilidade acima desse limite permite identificar a presença do evento de interesse e, valores abaixo, indicam a ausência do evento de interesse (FÁVERO, 2009).

Por fim, na busca pela seleção de um modelo que seja adequado a análise que se pretende realizar, é necessário utilizar métodos de análise capazes de verificar a adequação do modelo e as variáveis que são úteis para representar a resposta. Montenegro (2009) descreve algumas estratégias para a seleção do modelo e aponta que este não deve ser complexo e deve ser adequado aos objetivos propostos pelo pesquisador. Uma das importantes questões apontada pelo autor é a verificação da correlação entre as variáveis independentes, visando não permitir que variáveis altamente correlacionadas sejam inseridas no modelo. Métodos computacionais de seleção das variáveis são importantes de ser considerados, principalmente quando há um grande número de variáveis candidatas a entrar no modelo.

Assim, a seleção *stepwise* se faz útil na obtenção do modelo e existem tipos diferentes de métodos para essa seleção. Por exemplo, o método “*Stepwise backward*”, consiste em um algoritmo de seleção que inicia com um modelo mais complexo e, em sequência, vai removendo termos, em que a sua eliminação cause o menor dano ao ajuste do modelo, como variáveis com maior valor de p-valor, finalizando quando o ajuste do modelo é significativamente mais pobre (MONTENEGRO, 2009). Critérios de informação são utilizados para verificar os modelos de melhor ajuste e parcimônia, como o AIC (*Akaike Information Criterion*) e o BIC (*Bayesian Information Criterion*) (FÁVERO, 2009). Em relação ao AIC, é proposto que o índice penalize o modelo por ter muitas variáveis e por apresentar falta de ajuste. Tal método pode ser avaliado em modelos *stepwise* para verificar as variáveis de melhor ajuste e buscar a simplificação do modelo, tendo como parâmetro o modelo que apresentar menor índice AIC, sendo superior em termos do critério de informação e deve ser preferido (MONTENEGRO, 2009).

### 3 METODOLOGIA

O processo da pesquisa desse trabalho é classificado como sendo de natureza aplicada, onde os resultados obtidos podem ser utilizados na solução dos problemas reais e contribuir com a demonstração prática de conceitos teóricos (MIGUEL *et al.*, 2010). Quanto aos objetivos, a pesquisa é caracterizada como descritiva, visando descrever características relevantes no uso do TPU, envolvendo dados coletados sobre usuários e dados espaciais. O objetivo da pesquisa descritiva envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionário e observação sistêmica e visa retratar as características de uma determinada população e/ou estabelecer relações entre variáveis (MIGUEL *et al.*, 2010).

A abordagem da pesquisa é classificada como quali-quantitativa, para melhor compreender o uso do TPU. A metodologia utilizada é a modelagem e simulação que, segundo Bertrand e Fransoo (2002), 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. Os modelos são causais e quantitativos, podendo ser usados para prever um estado futuro dos processos modelados. Para Miguel *et al.* (2010) a modelagem e simulação é um dos métodos quantitativos de pesquisa mais importante e possui as seguintes características: é o processo de construção de um modelo; capacita o pesquisador para prever o efeito de mudanças no sistema; deve ser próximo da realidade; e não deve ser complexo. Os autores complementam ainda que, dentre os propósitos para a condução de uma pesquisa utilizando a modelagem e simulação de sistemas estão: o conhecimento mais aprofundado de como o sistema opera; o desenvolvimento de políticas operacionais e recursos visando melhorias no desempenho do sistema; o teste de novos conceitos e/ou sistemas antes da implementação; e, a obtenção de informações sem causar incômodo ao sistema real.

Estatísticas descritivas e o teste de associação e correlação são utilizados para descobrir relacionamentos interessantes entre a variável dependente e independentes. Já para examinar o tamanho e a importância destes relacionamentos é utilizada a Regressão Logística Multinomial. A regressão logística é utilizada quando a variável dependente ou de resposta pode ter duas ou mais categorias, e o tipo de dados das categorias podem ser nominais ou ordinais (Hamid *et al.*, 2017).

Yu *et al.* (2019) apontam a Regressão Logística Multinomial como uma abordagem mais convencional para investigar a correlação entre o ambiente construído e o comportamento de viagem. O trabalho de Yu *et al.* (2018) utilizou essa abordagem para examinar os impactos de diversas variáveis explicativas potenciais na escolha de modo de transporte, incluindo

aspectos do ambiente construído, no comportamento de escolha pelo TPU. Keyes e Crawford-Brown (2018) desenvolvem este modelo de regressão para identificar como variáveis espaciais, demográficas, de nível de serviço e atitudinais, influenciam na escolha do modo de transporte. De modo similar, Etmnani-Ghasrodashti *et al.* (2018) utilizam a técnica, integrada ao modelo de equações estruturais, para verificar fatores de percepções em relação ao TPU e capacidade de caminhada, atitudes de viagem, estilo de vida e características do ambiente construído.

As seções seguintes apresentam as etapas de desenvolvimento do trabalho, as técnicas de coleta de dados utilizadas e descrição e delimitação do objeto de estudo.

### 3.1 Etapas de desenvolvimento do trabalho

De acordo com o objetivo proposto neste estudo, de compreender as variáveis influentes na demanda do TPU, por meio da frequência de uso, foram propostas três etapas de desenvolvimento do trabalho, demonstradas na Figura 3.1.

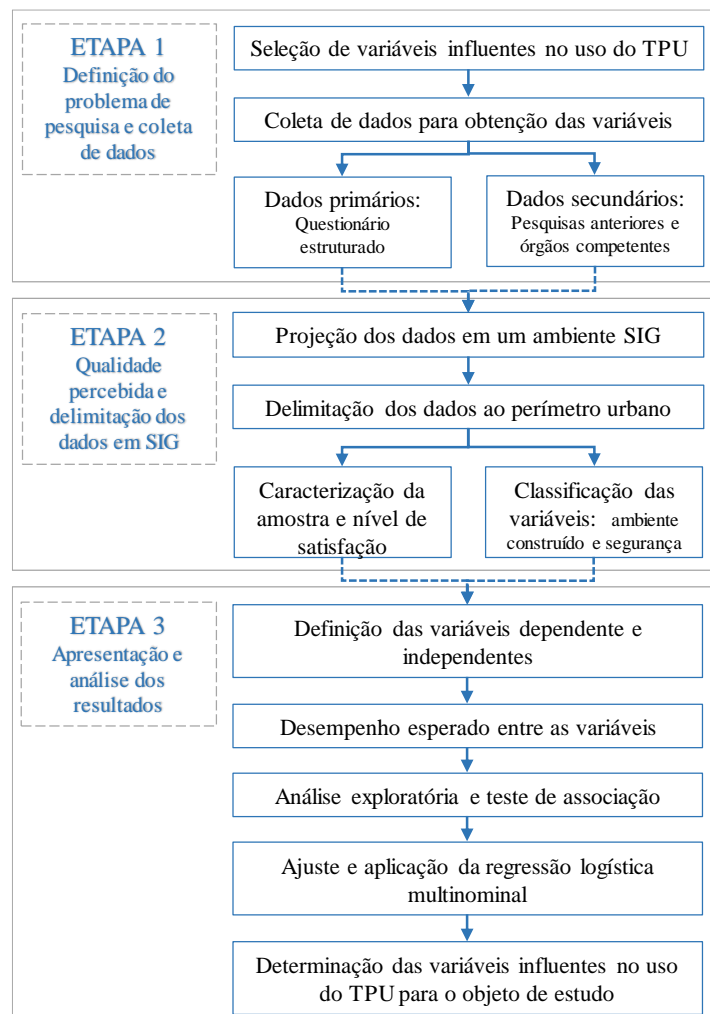


Figura 3.1 - Descrição das etapas do trabalho

A etapa inicial de definição das variáveis foi embasada na fundamentação teórica realizada, visando demonstrar fatores determinantes na literatura no uso do TPU, e, também, na disponibilidade dos dados e na realidade do objeto de estudo. As variáveis selecionadas foram classificadas em quatro grupos: características socioeconômicas e uso do TPU; qualidade percebida do TPU, por meio da avaliação do nível de satisfação; ambiente construído; e segurança, incluindo pública e viária. Dados primários e secundários foram coletados para o desenvolvimento das variáveis. Ressalta-se que neste trabalho a escolha pelo TPU foi um requisito inicial para a aplicação do questionário, considerando assim que não avalia a escolha entre diferentes modos de transporte e, também, não é desenvolvido modelos de demanda, por meio da avaliação do número de passageiros, mas sim visa explorar fatores que são relevantes para o uso do TPU, fazendo um apanhado das variáveis abordadas em importantes estudos correlacionados.

A segunda e a terceira etapa serão demonstradas a partir da seção de resultados, em que ocorre, primeiramente a representação da amostra e do nível de satisfação dos usuários quanto aos indicadores de qualidade selecionados, obtidas por meio de questionário. A representação das variáveis do ambiente construído e da segurança, ocorrem em relação a localização dos usuários, projetados em um ambiente SIG e são apresentadas por meio do desenvolvimento de mapas e gráficos que retratam as distribuições dessas variáveis no perímetro urbano.

As características abordadas do ambiente construído foram: densidade populacional; acessibilidade ao ponto de ônibus mais próximo; segmentos de linhas de TPU acessíveis a um buffer de 500 metros; uso do solo, em relação a um conjunto de oportunidade de acesso à educação, saúde, lazer e alimentação; e a distância ao centro de negócios da cidade. A segurança foi medida por meio da criação de buffers de 500 metros em torno da residência, contabilizando a quantidade de ocorrências do entorno. Todas as variáveis e suas descrições são sintetizadas na Tabela 4.6 (item 4.6).

A etapa 3 visa a apresentar as variáveis consideradas no estudo e os resultados obtidos, em que, primeiramente, destaca-se a escolha pela variável dependente, sendo que a sua natureza categórica justifica a técnica a ser utilizada para a análise dos dados. As variáveis independentes são descritas pela possibilidade de serem relevantes no estudo e o comportamento esperado dessas na variável dependente é apresentado. Em seguida uma análise exploratória dos dados, em relação as categorias da variável dependente, é realizada, bem como análises de associação preliminar entre as variáveis.

Para a aplicação da Regressão Logística Multinomial é verificado, inicialmente, a presença de multicolinearidade entre as variáveis, que em sequência, é analisado se essas devem

ou não serem excluídas do modelo. Considerando que o desenvolvimento do modelo de regressão constitui de um amplo conjunto de variáveis, o método “*stepwise backward*” é utilizado para auxiliar na seleção de um modelo com as variáveis mais relevantes para o estudo. O ajuste da regressão mais representativa é realizado pelo método da máxima verossimilhança, comparando o critério de informação de Akaike, para auxílio na seleção das variáveis, visando o equilíbrio entre o ajuste e complexidade do modelo proposto.

Por fim, é avaliada a adequação do modelo aos dados e capacidade de predição do mesmo, considerando os dados obtidos nesse estudo. As variáveis relevantes para os estudos são demonstradas, juntamente com seu grau de significância e com a razão de chance de ocorrência dos eventos de interesse.

### **3.2 Técnicas de coleta dos dados**

A coleta de dados foi realizada por diferentes modos, incluindo coleta de dados primários e secundários. Inicialmente foi elaborado um questionário que constituiu na coleta de informações sobre o usuário e um conjunto de indicadores para avaliar o nível de satisfação do TPU. O questionário foi aplicado na cidade de Itajubá/MG, em duas etapas. A primeira utilizando a técnica de entrevista face-a-face com os usuários e a segunda, visando complementar a amostra para a realização da análise estatística, utilizando um questionário online, por meio da plataforma GoogleForms. A pesquisa online foi necessária devido a pandemia em decorrência do COVID-19.

Para medir a confiabilidade interna de ambos os questionários, foi utilizado o teste de Alfa de *Cronbach* ( $\alpha$ ), cujo valor representado entre 0 e 1, tendo o valor de 0,70 como o mínimo aceitável, representando uma boa consistência interna do questionário (STREINER, 2003; WENG *et al.*, 2018). O cálculo da amostra e as informações sobre características socioeconômicas, uso do TPU, nível de satisfação e localização dos usuários serão discutidas na seção de análise de resultados. Na sequência, para desenvolver as variáveis do ambiente construído e segurança, foi feito um levantamento de dados secundários, provenientes de pesquisas anteriores e junto a órgãos competentes. A Tabela 3.1 sintetiza a relação dos dados coletados, as fontes e formatos de arquivos adquiridos.

O processamento e análise dos dados foram realizados em um ambiente SIG, utilizando o software de geoprocessamento ArcGIS 10.4.1, possibilitando a verificação dos fatores espaciais que se relacionavam a localização dos usuários de TPU. A ferramenta ArcMap foi utilizada para desenvolver os mapas de localização das residências dos usuários, bem como



para georeferenciar as informações dos usuários em conjunto com a as variáveis do ambiente construído e segurança.

Tabela 3.1 – Obtenção de dados da pesquisa

Dados	Fonte	Ano	Formato dos dados
Características socioeconômicas e uso do TPU	Questionário com usuários de TPU	2018/2020	Registros dos entrevistados em planilha eletrônica
Nível de satisfação	Questionário com usuários de TPU	2018/2020	Registros dos entrevistados em planilha eletrônica
Setores demográficos e população	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	2010	Dados do censo em <i>shapefile</i>
Pontos de ônibus	Grupo de Pesquisa LogTranS – UNIFEI	2016	Shapefile
Ruas	Grupo de Pesquisa LogTranS – UNIFEI	2016	Network Dataset
Perímetro urbano e área de interesse comercial	Prefeitura Municipal de Itajubá	2016	Shapefile
Segurança pública	56º Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais	2018/2020	Dados de BO em planilha eletrônica
Segurança viária	56º Batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais	2018/2020	Dados de BO em planilha eletrônica
Localizações de oportunidades	Google Earth Pro	2020	Desenvolvimento de mapas
Linhas de ônibus	Empresa prestadora do serviço	2020	Desenvolvimento de mapas

Após o desenvolvimento das variáveis que podem influenciar na frequência de uso, foi utilizado o software IBM SPSS® para análise exploratória dos dados, verificação de associação e correlação entre as variáveis e para o desenvolvimento da Regressão Logística Multinomial.

### 3.3 Descrição do objeto de estudo

O trabalho, cujo o foco empírico é o TPU por ônibus, foi realizado no município de Itajubá, localizado no Sul de Minas Gerais, Brasil. Considerado um município de porte médio, o último censo realizado em 2010 contabilizou uma população de 90.658 habitantes e a densidade demográfica foi de 307,49 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2010). Segundo o IBGE (2020), a população atual é estimada em 97.334 pessoas. A Figura 3.2 mostra o estado de Minas Gerais e aponta a localização de Itajubá, no Sul do estado.

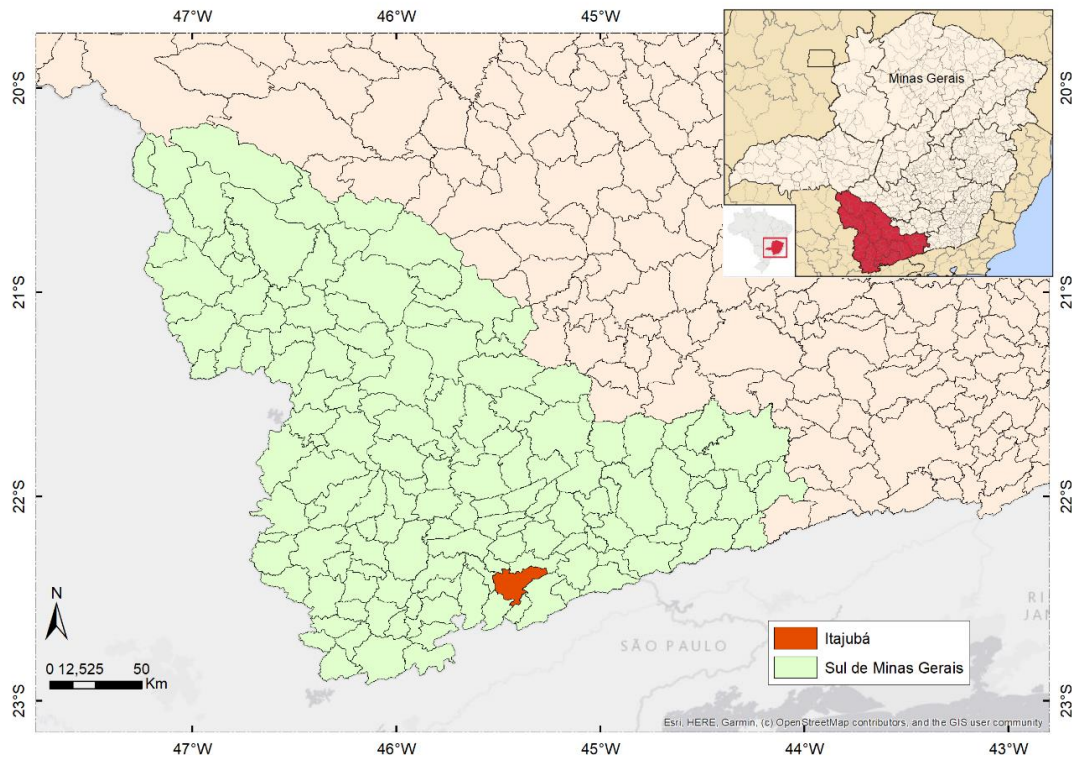


Figura 3.2 - Mapa de localização do município de Itajubá/MG

O Sul de Minas Gerais conta com 146 municípios e faz divisa com o estado de São Paulo, sendo que Itajubá está localizado a, aproximadamente, 260 quilômetros da capital paulista. Em relação a frota de veículos, a Tabela 3.2 apresenta a variação no tamanho da frota de 2015 a 2019 no município, segundo dados de relatórios estatísticos disponibilizados pelo site do DENATRAN (2019).

Tabela 3.2 - Evolução da frota de veículos por ano em Itajubá/MG

TIPO DE FROTA	ANO					%
	2015	2016	2017	2018	2019	
Automóvel	26993	27393	27921	28350	29075	108%
Caminhão e Caminhão trator	918	937	953	1030	1067	116%
Caminhonete e Caminhoneta	4646	4885	5161	5400	5576	120%
Motocicleta e Motoneta	10470	10668	11004	11422	11661	111%
Ciclomotor	428	467	466	463	473	111%
Micro-ônibus	117	113	115	120	120	103%
Ônibus	123	136	148	130	132	107%
Utilitários	370	396	477	529	594	161%
Outros*	658	692	744	783	816	124%
<b>TOTAL</b>	<b>44723</b>	<b>45687</b>	<b>46989</b>	<b>48227</b>	<b>49514</b>	<b>111%</b>

\*Inclui reboque, semi-reboque, side-car, trator rodas, triciclo e outros

Fonte: DENATRAN (2019)

É verificado que a frota total de veículos teve um crescimento de 11% ao longo dos anos apresentados. Em termos absolutos, é destacado o aumento nas frotas de automóvel, motocicleta e motoneta e de caminhonete e caminhoneta, com o crescimento de 2.082, 1.191 e 930 unidades, respectivamente. Esses valores evidenciam a importância de se ofertar um TPU de qualidade para a atração de usuários e de realizar políticas públicas voltadas ao uso de transportes sustentáveis, visando a redução dos impactos causados pelo crescimento e uso do transporte individual.

O transporte coletivo, considerado de caráter essencial, desde a constituição de 1988, deve ser organizado e prestado pelos municípios de forma direta ou sob regime de concessão ou permissão, bem como os serviços públicos de interesse local (BRASIL, 1988). Na cidade de Itajubá, o TPU coletivo é fornecido por uma única empresa contratada, a um custo tarifário de R\$ 4,00 (quatro reais) para as linhas urbanas e R\$ 4,50 (quatro reais e cinquenta centavos) para as linhas rurais, destacando ainda, que o ônibus é o único TPU disponível na cidade e não é oferecido nenhum tipo de integração tarifária ou intermodalidade.

Em um novo contrato com a empresa, a prefeitura de Itajubá informou que novas exigências foram realizadas, como o aumento da frota, com novos ônibus devendo possuir tecnologia avançada e controle de emissão de poluentes, inclusão de *wifi* nos veículos, disponibilidade de um aplicativo para acompanhamento do trajeto do ônibus em tempo real, entre outras melhorias (PREFEITURA DE ITAJUBÁ, 2019). Ko *et al.* (2019) apontam que, a tecnologia da informação e comunicação podem auxiliar os usuários no acesso as informações nas operações de TPU com mais facilidades, como por exemplo, o horário de chegada e a disponibilidade de assento nos ônibus, contribuindo para o aumento no número de passageiros. Porém, até o presente trabalho não foram identificadas tais melhorias no sistema de TPU da cidade.

Por fim, tendo o município de Itajubá como objeto de estudo para a aplicação do modelo deste trabalho, foi realizada uma delimitação da área o estudo, em que foi possível desenvolver as variáveis propostas, como apresento a seguir.

### **3.3.1 Delimitação da área de estudo**

Os setores censitários, segundo a delimitação realizado pelo IBGE (2010), subdividem o município de Itajubá e foram utilizados nas análises deste trabalho, que foi delimitado pelo perímetro urbano da cidade, ou seja, o estudo será realizado nos setores censitários incluídos no perímetro urbano. Yu *et al.* (2018) afirmam que as áreas de urbanização são especialmente importantes, onde a demanda por viagens é maior e complicada, diante da necessidade de

medidas eficazes para encorajar modos de viagem mais sustentáveis e reduzir viagens de carro. A Figura 3.3 apresenta detalhadamente a área do município de Itajubá, o perímetro delimitado como urbano e a divisão dos setores censitários.

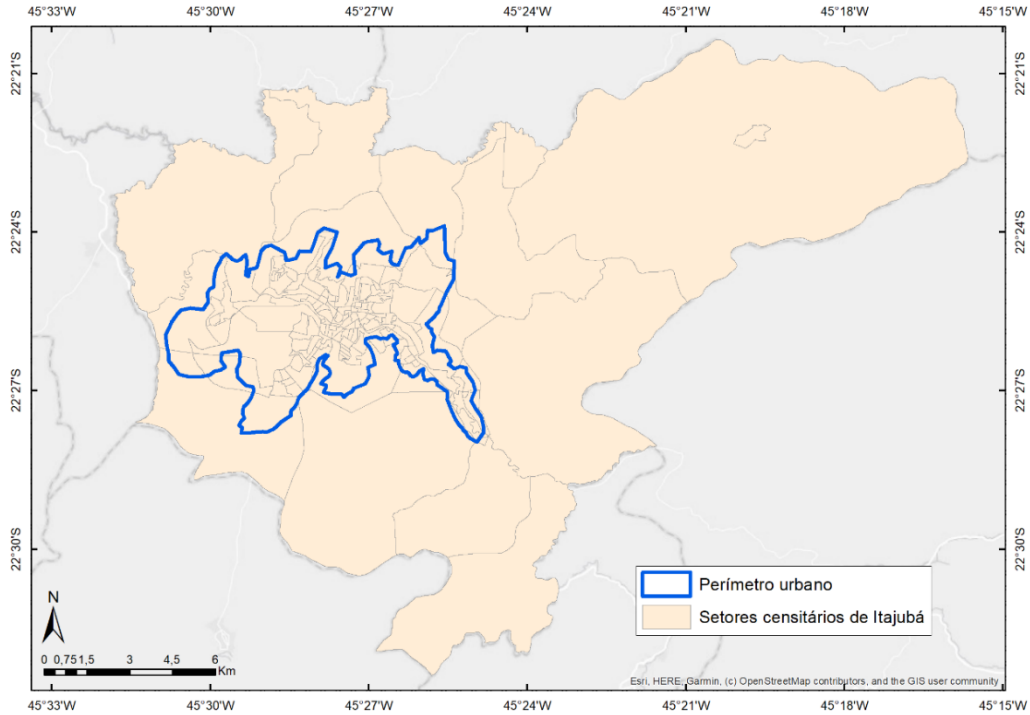


Figura 3.3 - Disposição do perímetro urbano e dos setores censitários de Itajubá/MG

É possível observar que a maioria dos setores censitários estão localizados no perímetro urbano. De acordo com dados do IBGE (2010), Itajubá tem o total de 143 setores censitários e 91,61% destes são classificados como urbano, possuindo menores áreas e maiores densidades populacionais. Para este trabalho, apesar de ter sido aplicado questionários também com a população residente em zona rural, optou-se por trabalhar apenas com os setores presentes no perímetro urbano, devido a limitações dos dados referente as ruas e pontos de ônibus nas zonas rurais. Especificamente em relação aos pontos de ônibus, existe muitas incertezas quanto as paradas, que, segundo os motoristas de ônibus, não são bem definidas. A localização das residências de usuários pertencentes a zona rural também não foi especificada nos questionários, onde os usuários apontam um endereço genérico, dificultando a projeção real da localização e, por consequência, a medida de acessibilidade. Além disso, há as limitações de dados também em relação ao uso do solo e relacionadas à segurança pública, sendo para este último, encontrado dificuldades em determinar com precisão da localização das ocorrências de criminalidade e acidentes, apesar de serem pouco recorrentes.

Os setores contidos no perímetro urbano também foram classificados como urbanos pelo IBGE (2010), com exceção do setor identificado como 16035, que foi apontado como rural no bairro da Piedade em Itajubá, porém é verificado que esta área já é considerada urbana, pela delimitação realizada pela Prefeitura de Itajubá em 2016, posterior ao censo de 2010. Assim, tal setor foi considerado como urbano neste trabalho. Outro fator importante de ser ressaltado é que alguns setores foram segmentados pela delimitação do perímetro urbano, porém a contagem da população, conseqüentemente a densidade populacional, se manteve de acordo com os dados do IBGE (2010).

Em relação as rotas de TPU, a empresa possui 22 linhas de ônibus. Leite (2016) mapeou as linhas que estão presentes na área urbana, bem como os pontos de ônibus. A Figura 3.4 apresenta a cobertura desse serviço no perímetro urbano.

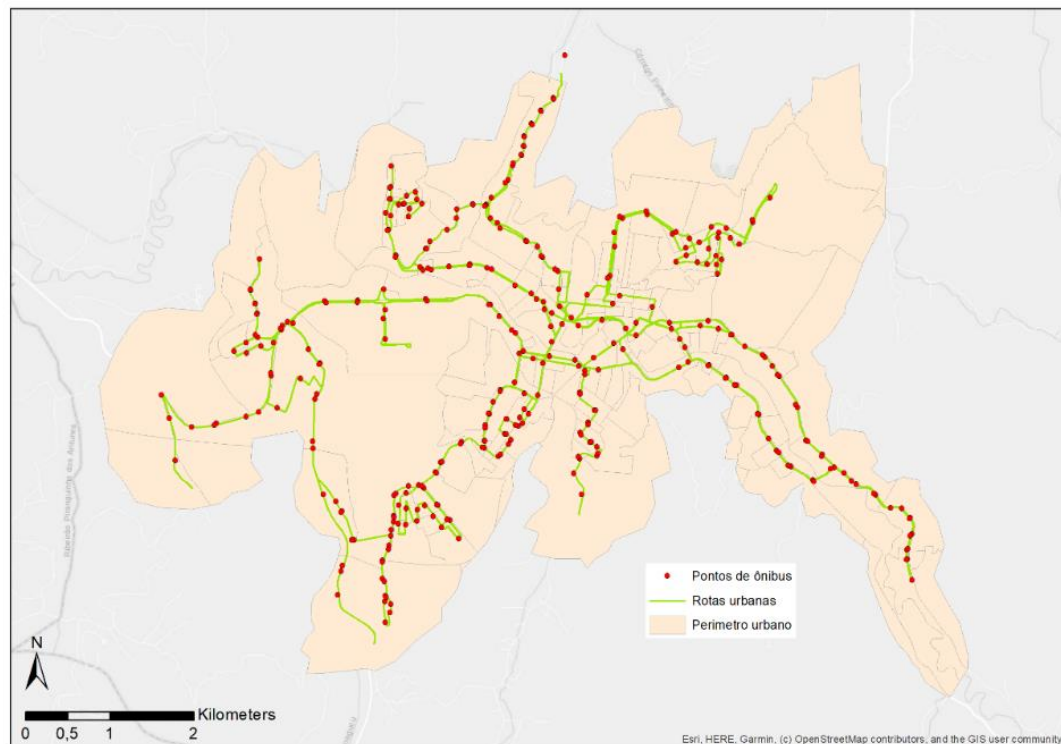


Figura 3.4 - Cobertura do serviço de TPU no perímetro urbano de Itajubá/MG

Fonte: Adaptado de Leite (2016)

## 4 RESULTADOS

Neste quarto capítulo é apresentado os resultados obtidos na pesquisa. Primeiramente, é demonstrado como ocorreu a estruturação e aplicação do questionário, o cálculo da amostra e a representação da amostra delimitada pelo perímetro urbano, correspondente as características socioeconômicas e modo de viagem. Também é apresentado o nível de satisfação dos usuários entrevistados em relação a qualidade do TPU de Itajubá. As variáveis do ambiente construído e da segurança são representadas por meio do desenvolvimento em um ambiente SIG, relacionando aos usuários de TPU.

Em sequência, é demonstrada a definição da variável dependente e das variáveis independentes, a contribuição esperada dessas no modelo e a análise exploratória das variáveis. Por fim, é demonstrada a aplicação da Regressão Logística Multinomial para a análise das variáveis que influenciam a frequência de uso do TPU, bem como os ajustes e parâmetros do modelo desenvolvido.

### 4.1 Estruturação e aplicação de questionário

O questionário elaborado (Apêndice A) compreende a obtenção dos dados primários, coletando as informações socioeconômicas, modo de viagem e nível de satisfação dos usuários de TPU de Itajubá. As informações socioeconômicas questionadas foram: gênero; idade; escolaridade; ocupação; tipo de pagamento; renda domiciliar mensal; e, a posse de outros modos de transporte na residência, como bicicleta, motocicleta e/ou carro. Foram solicitados também as seguintes informações sobre o usuário e suas viagens: descrição do endereço residencial, utilizado para na localização espacial dos usuários no SIG; a frequência de uso do TPU; destino, tempo e modo de viagem dos principais deslocamentos, ou seja, para trabalho e estudo; uso do ônibus para atividades rotineiras como, lazer, saúde, compras, etc.; e o(s) motivo(s) pelo(s) qual(is) escolhe utilizar o TPU. Os motivos de escolha do TPU foram disponibilizados para os entrevistados assinalares um ou mais motivos, dentre um conjunto de opções pré-definidas. As opções disponibilizadas foram: fatores relacionados a escolha pelo TPU (único modo de locomoção, tarifa acessível, distância ao destino, tempo de viagem, conforto, segurança, menor desgaste físico e clima) e fatores externos (preço do combustível, dificuldade de encontrar vagas para estacionar, preço de faixa azul e/ou estacionamentos particulares, falta de ciclovias e/ou bicicletário, falta de calçadas e tráfego).

A avaliação da qualidade percebida pelos usuários do TPU de Itajubá foi feita por meio do questionamento do nível de satisfação em relação a 11 indicadores de qualidade. Os indicadores foram avaliados por meio de uma escala *Likert*, variando de 1 a 5, sendo: 1 –

péssimo; 2 – ruim; 3 – razoável; 4 – bom; e, 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, como nos trabalhos de Tsami e Nathanail (2017), Bajčetić *et al.* (2018), Antunes e Simões (2013) e Aquino *et al.* (2018).

Os indicadores a serem avaliados foram definidos por meio de uma revisão da literatura de artigos recentes que se propuseram a avaliar a qualidade do TPU por meio de indicadores e opinião dos usuários. O total de 26 artigos foram revisados e a análise dos indicadores utilizados nestes artigos possibilitou verificar a frequência com a qual os indicadores eram citados. Detalhes da revisão da literatura podem ser verificados em Santos *et al.* (2019). A Figura 4.1 representa os autores avaliados na revisão da literatura e os indicadores de qualidade do TPU utilizados. Para sintetizar a frequência com a qual estes indicadores foram verificados nos trabalhos foi apresentado o gráfico na Figura 4.2.

	Ngoc <i>et al.</i> (2017)	Díez-Mesa <i>et al.</i> (2016)	Efthymiou <i>et al.</i> (2017)	Guirao <i>et al.</i> (2016)	Abenzoat <i>et al.</i> (2017)	Diana <i>et al.</i> (2016)	Grisé e El-geneidy (2017)	Mouwven (2015)	Maraglinou <i>et al.</i> (2014)	Noor <i>et al.</i> (2014)	Tsami e Nathanail (2017)	Birago <i>et al.</i> (2017)	Suman <i>et al.</i> (2017)	Barcelos <i>et al.</i> (2017)	Antunes e Simões (2013)	De Oña e De Oña (2013)	Maha <i>et al.</i> (2014)	Azmi <i>et al.</i> (2018)	Bajčetić <i>et al.</i> (2018)	De Onã <i>et al.</i> (2018)	Güner (2018)	Lombardo <i>et al.</i> (2018)	Silver (2018)	Aquino <i>et al.</i> (2018)	Letão <i>et al.</i> (2018)	Freitas <i>et al.</i> (2018)
Acessibilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Informação	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pontualidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Segurança pública	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Frequência	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tarifa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tempo de viagem	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lotação	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Características dos pontos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Comportamento funcionários	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conforto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Limpeza dos veículos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Segurança viária	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conectividade	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Características dos veículos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Comportamento do motorista	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cobertura de rede	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Disponibilidade do serviço	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dispositivos para PcD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Interface com o cliente	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aspectos ambientais	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 4.1 - Trabalhos revisados na literatura sobre indicadores de qualidade para o TPU

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), incluindo com mobilidade reduzida ou idosos; interface com o cliente; e aspectos ambientais.

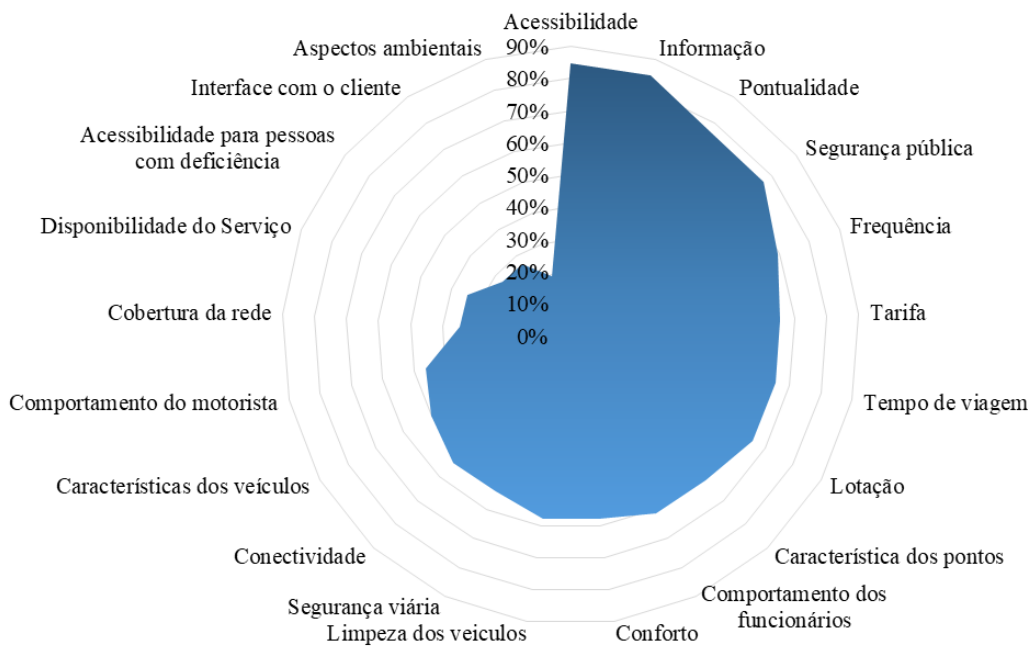


Figura 4.2 - Frequência em que os indicadores foram utilizados nos trabalhos analisados

Vale destacar os indicadores acessibilidade, informação, pontualidade, segurança pública, e frequência, foram os indicadores mais utilizados na literatura revisada, avaliados em, respectivamente, 88%, 85%, 81%, 77% e 73% dos artigos. Além destes, os indicadores tarifa, tempo de viagem, lotação, características dos pontos/terminais, comportamento dos funcionários e conforto também foram bastante utilizados, todos sendo avaliados em mais de 60% dos artigos. De Oña e De Oña (2013) certificam que, apesar de não haver um consenso sobre os indicadores que devem ser utilizados para avaliar a qualidade, a frequência, pontualidade, conforto, limpeza, segurança, disponibilidade de informação, cortesia da equipe e tarifa são os mais utilizados.

Para a aplicação do questionário na primeira etapa, foram utilizados os indicadores que se mostraram relevantes em mais de 40% dos artigos revisados e foram considerados nesse trabalho somente os indicadores apontados como mais importantes para os usuários de TPU de Itajubá. Com isso, o questionário se tornou mais enxuto e de fácil entendimento, possibilitando sua aplicação de forma online. Os indicadores utilizados para a avaliação do nível de satisfação e suas definições são apresentados na Tabela 4.1.



Tabela 4.1 - Indicadores abordados no trabalho

<b>Indicadores</b>	<b>Definição</b>
Existência de cobertura	Disponibilidade de cobertura nos pontos de ônibus
Informação	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
Cordialidade dos funcionários	Postura dos funcionários durante o serviço
Habilidade de direção	Desempenho dos motoristas na direção
Tarifa	Valor monetário da viagem

A primeira etapa de aplicação de questionário foi realizada face-a-face, durante o período de junho a agosto de 2018, e ocorreu de forma aleatória, em diferentes dias e horários da semana e em diferentes locais da cidade, como em escolas municipais, universidades, supermercados, lojas, alguns bairros mais afastados, em alguns órgãos públicos e em um conjunto habitacional do município. Os questionários não foram aplicados em pontos de ônibus devido ao tempo necessário para a sua execução que, em geral, excedia ao tempo de espera. Além disso, os entrevistados demonstravam menor pré-disposição em responder durante a espera no ponto de ônibus, o que pode influenciar na precisão dos dados.

Foi necessária uma segunda coleta de dados para satisfazer a amostra calculada neste trabalho. Em virtude de uma coleta adicional presencial despende de um tempo de pesquisa maior e, dado a situação de pandemia pelo COVID-19 ter se iniciado no Brasil, gerando a necessidade de isolamento social, o método online se tornou mais viável e seguro. Assim, ocorreu a segunda etapa de coleta de dados, por meio da plataforma *GoogleForms*, durante os meses de fevereiro e março de 2020. O questionário foi divulgado em e-mails institucionais e em redes sociais, incluindo grupos específicos sobre o TPU do município, visando disponibilidade a toda a comunidade. É importante destacar que, em ambos os períodos de coleta de dados, o serviço de TPU fornecido se manteve em concessão com a mesma empresa operadora. A mesma informou que não teve nenhuma alteração de rotas ou horários no período.

O cálculo de amostra foi realizado por meio das equações (4.1) e (4.2) abaixo, como nos trabalhos de Antunes e Simões (2013) e Barcelos *et al.* (2017), e resultou na necessidade de, no mínimo, 270 amostras.

$$N0 = 1 / \varepsilon^2 \quad (4.1)$$

$$n = N0.N / N0 + N \quad (4.2)$$

Sendo:

N0: primeira aproximação do tamanho mínimo da amostra;  $\varepsilon$ : erro amostral tolerável; N: tamanho da população; n: tamanho da amostra.

O erro amostral considerado foi de 6%, considerando limitações do trabalho e também que referências na literatura utilizaram um erro de até 8%, como em Barcelos *et al.* (2017). O tamanho da população adotado foi a demanda diária média de 9.411 usuários, segundo dados da empresa prestadora de serviço de TPU de Itajubá em um período de 16 meses. É válido ressaltar que a amostra a ser utilizada para a análise deve ser pertinente aos usuários residentes no perímetro urbano, o qual compreende o objeto de estudo desse trabalho. Assim, foram verificadas as localizações dos usuários e validados os questionários pertencentes ao perímetro urbano, devendo satisfazer a amostra calculada de no mínimo 270 usuários de TPU.

## 4.2 Representação das variáveis socioeconômicas e modo de viagem

A amostra total obtida com a aplicação do questionário com usuários de TPU de Itajubá foi de 328 questionários válidos, incluindo amostras fora do perímetro urbano, sendo 220 amostras coletadas por meio de questionários face-a-face e 108 amostras coletas de modo online. Apenas quatro questionários respondidos de forma remota foram excluídos, pois estavam incoerentes e/ou incompletos. Um destes apresentava duplicação de dados, outro não apresentou a informação do endereço residencial e outros dois questionários se referiam a respondentes de outras cidades, que não utilizam o TPU de Itajubá. O teste-t para duas amostras foi aplicado e não foram encontradas inconsistências entre as respostas, validando ambos questionários.

Como mencionado anteriormente, foram considerados somente os questionários de usuários residentes no perímetro urbano para este estudo. Assim, para a identificação dessa amostra específica, foi utilizado o endereço residencial fornecido pelos respondentes para georeferenciar sua localização. Os endereços foram transformados em coordenadas geográficas (XY) e inseridos no ArcGis, utilizando a projeção no sistema de coordenadas SIGAS\_2000\_UTM\_ZONE\_23S, que se refere a localização do município de Itajubá. Ao todo foram excluídos 54 questionários, devido os respondentes estarem localizados externamente ao

perímetro urbano. Assim, foi validada a amostra final de 274 questionários, que satisfaz o número de amostras necessárias calculada. A Figura 4.3 apresenta a distribuição geográfica da amostra dos usuários de TPU de Itajubá, localizada no perímetro urbano.

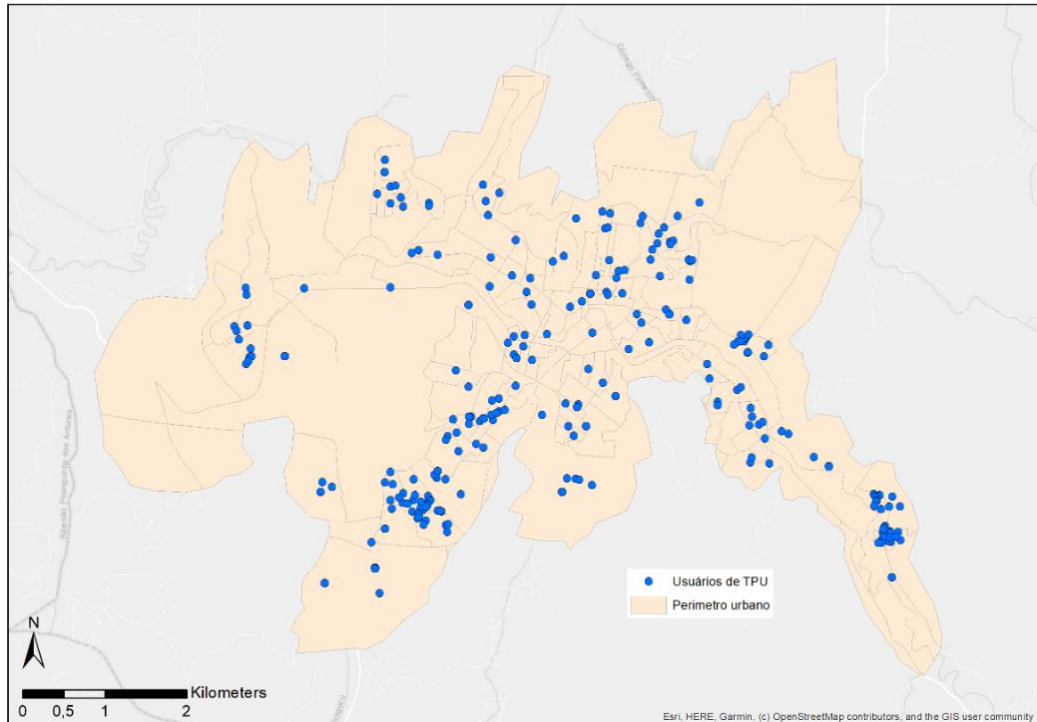


Figura 4.3 - Distribuição da amostra no perímetro urbano

A confiabilidade interna do questionário foi realizada por meio do teste coeficiente alfa de *Cronbach* ( $\alpha$ ), obtida por meio da análise da média das correlações entre os itens que compõem o julgamento do nível de satisfação dos indicadores de qualidade avaliados. Os questionários coletados na primeira etapa apresentaram o valor de 0,72 do coeficiente alfa de *Cronbach*. Esse valor foi de 0,82 para os questionários considerados na segunda etapa. De forma conjunta, comprovando a confiabilidade interna dos questionários, o valor foi de 0,75, considerando que a coleta de dados foi de boa consistência. A Tabela 4.2 apresenta os valores individuais de confiabilidade de cada variável de nível de satisfação, em que todas as variáveis apresentaram um valor maior que 0,70, que é a referência de uma boa confiabilidade interna das respostas.

Tabela 4.2 - Alfa de Cronbach individual das variáveis de nível de satisfação

<b>Nível de satisfação</b>	<b>Alfa de Cronbach</b>
Existência de cobertura	0,7450
Informação	0,7615
Tempo de viagem	0,7304
Frequência	0,7340
Pontualidade	0,7240
Lotação	0,7341
Segurança pública	0,7386
Segurança viária	0,7361
Cordialidade dos funcionários	0,7349
Habilidade de direção	0,7168
Tarifa	0,7358

A caracterização da amostra aponta que a proporção de mulheres e homens entrevistados é de 74,8 : 25,2, 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 (71,5%) 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, tendo pouca representatividade dos aposentados que, podem ser potenciais usuários do TPU. Em relação a renda domiciliar, 74% entrevistados possuem renda entre 1 e 3 salários mínimos, evidenciando a necessidade de subsídios por parte dos órgãos competentes visando tornar este serviço mais acessível para as pessoas que possuem rendas mais baixas. A distribuição amostral da pesquisa em relação as variáveis socioeconômicas é apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Distribuição amostral dos entrevistados

	<b>Variável</b>	<b>Frequência</b>	<b>Porcentagem</b>
Gênero	Feminino	205	74,8%
	Masculino	69	25,2%
Faixa etária	15 – 19	56	20,4%
	20 – 35	99	36,1%
	36 – 59	97	35,4%
	> 60	22	8,0%
Escolaridade	Básico	18	6,6%
	Fundamental	26	9,5%
	Médio	118	43,1%
	Superior - pós graduação	112	40,9%
Ocupação	Trabalho	153	55,8%
	Estudo	86	31,4%
	Aposentado	16	5,8%
	Desempregado	19	6,9%
Renda domiciliar	Até R\$998,00/mês	50	18,2%
	R\$999,00 - R\$2.994,00/mês	153	55,8%
	R\$2.995,00 - R\$5.988,00/mês	53	19,3%
	>R\$5.988,00/mês	18	6,6%
Veículo particular *	Possui	217	79,2%
	Não possui	57	20,8%
Pagamento	Comum	126	46,0%
	Vale Estudante	83	30,3%
	Vale transporte	52	19,0%
	Gratuito	13	4,7%
Frequência de uso do TPU	Frequentemente	170	62,0%
	Ocasionalmente	49	17,9%
	Raramente	55	20,1%

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

Em relação a posse de outros modos de transporte, somente 20,8% dos entrevistados afirmaram não possuir nenhum outro modo de deslocamento na residência e, dentre os que possuem, 48% possuem somente um veículo, sendo 20% carro, 23% bicicleta e 5% motocicleta. A representação dos que possuem dois tipos de veículos na residência é de 21,5% e apenas 9,5% dos entrevistados possuem carro, moto e bicicleta.

O tipo de pagamento comum é bastante utilizado pelos usuários (46,0%), em que é pago o valor total da passagem. Porém, agrupando os tipos de pagamento caracterizados como meia passagem, que seria de estudante e vale-transporte, somam 49,3% do tipo de pagamento feito pelos usuários na maioria de seus deslocamentos. Por fim, a variável frequência de uso do TPU apresenta que, a maioria dos respondentes utilizam o ônibus com frequência (62,0%) e as

parcelas que utilizam o ônibus ocasionalmente e raramente são bem próximas, correspondendo a 17,9% e 20,1% dos usuários, respectivamente.

Outra questão avaliada no questionário é comportamental, verificando os motivos pelos quais os usuários escolhem utilizar o TPU, sendo possível marcar mais de um motivo. A Figura 4.4 representa a seleção dos usuários sobre os motivos que os incentivam a escolher o TPU.

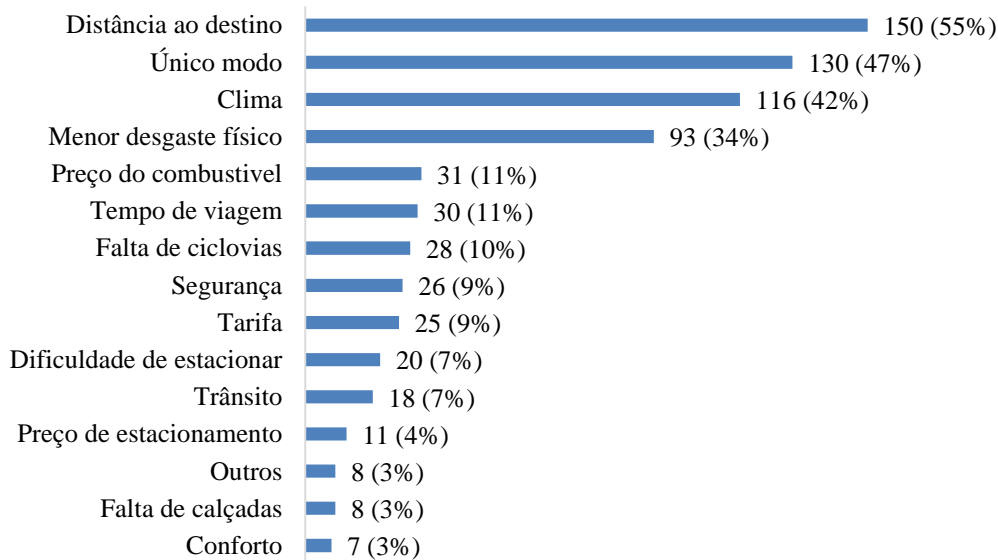


Figura 4.4 - Motivos pelos quais os entrevistados escolhem utilizar o TPU por ônibus

Os motivos mais relevantes na escolha pelo modo de TPU foram devido a distância ao destino, quando o TPU se apresentar como o único modo de transporte disponível, o clima (chuva, sol, frio ou calor) e por um menor desgaste físico do entrevistado, sendo apontados por 55%, 47%, 42% e 34% dos respondentes, respectivamente. Os demais motivos foram apontados em menos de 11% da amostra, sendo que falta de calçadas e conforto do ônibus foram as causas mais improváveis para a escolha do TPU. O conforto nos ônibus realmente é um quesito de extrema importância, pois os veículos particulares, em geral, possuem essa característica como uma das mais relevantes na escolha pelo modo de transporte. Assim, melhorar a percepção dos usuários em relação ao conforto no TPU é fundamental.

Em relação aos principais deslocamentos que os entrevistados descreveram, foi verificado que 160 viagens eram destinadas a trabalho e 114 viagens eram destinadas ao estudo. A Figura 4.5 demonstra o tempo das viagens descritas e o principal modo de transporte utilizado nesses deslocamentos apontados pelos respondentes.

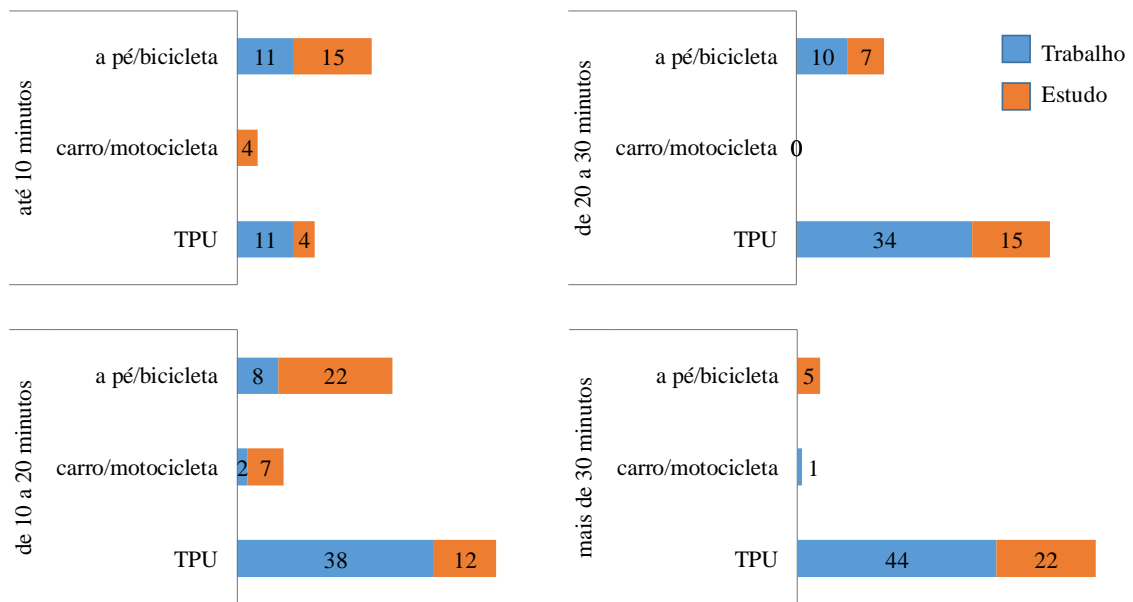


Figura 4.5 - Tempo e modo de viagem principal para deslocamentos a trabalho e estudo

É observado que o uso do automóvel/motocicleta é pouco utilizado pelos usuários de TPU como o principal modo de transporte ao realizarem viagens a trabalho e estudo. Outra verificação é que as viagens de TPU por ônibus são preferidas quando o tempo de viagem é maior. Por exemplo, em viagens de mais de 30 minutos, o ônibus é o preferido, em contrapartida, o transporte ativo, caminhada e bicicleta, é bastante utilizado para viagens mais rápidas, de até 10 minutos e de 10 a 20 minutos.

Um total de 40 respondentes não descreveram viagens a trabalho ou estudo, sendo considerado que são usuários que utilizam o TPU para realizar atividades rotineiras, que inclui lazer, saúde, compras, entre outras. Além disso, 106 usuários (somando 53% da amostra) afirmaram que utilizam o TPU para estudo e/ou trabalho e também para realizarem atividades rotineiras.

### 4.3 Representação da qualidade percebida do TPU

Em relação ao nível de satisfação, a Figura 4.6 apresenta o julgamento dos entrevistados quanto à percepção da qualidade do TPU na cidade avaliada, relacionado aos indicadores importantes para o objeto de estudo.

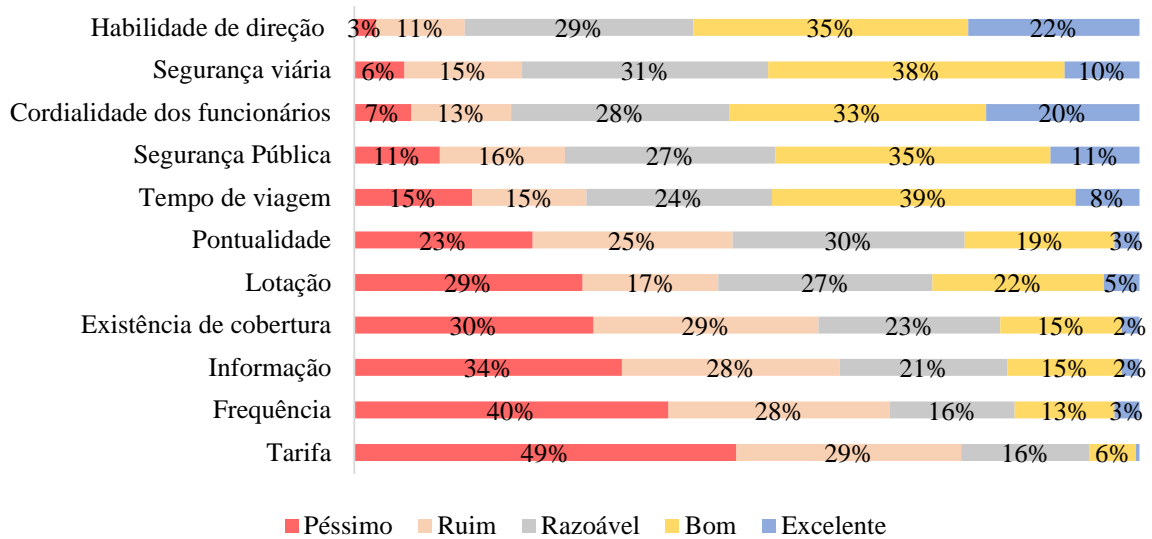


Figura 4.6 - Nível de satisfação dos indicadores de qualidade

É observado que a tarifa foi o indicador com menor nível de satisfação, com, respectivamente, 78% de reprovação dos entrevistados, quando somada as avaliações tidas como péssimo e ruim. Este fator retrata 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 tarifa é custeada exclusivamente por usuários pagantes, os quais arcam também com as gratuidades. Os usuários entrevistados apresentaram queixas recorrentes de que consideram os valores da tarifa altos pela distância percorrida. Para a cidade objeto de estudo, que possui aproximadamente 100 mil habitantes, o valor atual é de R\$ 4,00 para as linhas urbanas e R\$4,50 para as linhas rurais. A distância percorrida também retrata o alto valor tarifário. Em cidades do mesmo porte, ou seja, com aproximadamente 100 mil habitantes, são percorridos, em média, 2,7 km por pessoa por dia utilizando o TPU (ANTP, 2016). Segundo o mesmo relatório, este valor é de 8,1 km para cidades com mais de 1 milhão de habitantes, como São Paulo e Curitiba, onde os valores tarifários são de R\$ 4,30 e R\$ 4,50 respectivamente, retratando que o valor cobrado em Itajubá é alto em relação a distância percorrida. 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.

A frequência dos ônibus foi o segundo indicador pior avaliado, seguido das características dos pontos de ônibus, como a disponibilidade de informação e de cobertura de proteção. Ambos aspectos são características presentes somente nos pontos de ônibus centrais da cidade. Os pontos de ônibus mais suburbanos não constam informações nem os aspectos



físicos necessários para um maior conforto no período de espera. 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. Dessa forma, o documento ressalta a importância de se oferecer pontos que sejam facilmente identificados, seguros, acessíveis e confortáveis (TRIMET, 2010)

Em relação a informação, a empresa conta com a disponibilidade das rotas e horários em um aplicativo, porém os usuários retratam que estes não estão atualizados. Por exigência do atual contrato entre a prefeitura e a empresa, deve ser feita melhorias no sistema de informação da contratada, atualizando horários e rotas, além de acompanhamento do trajeto do ônibus em tempo real, porém até a presente pesquisa, essas informações ainda não foram disponibilizadas. Para Batty *et al.* (2015) o fornecimento de informação sobre o funcionamento do sistema de TPU pode contribuir para a captação de novos usuários e o estudo de Outwater *et al.* (2011) mostra que, em Salt Lake City (EUA), o fornecimento de informação em tempo real foi um dos atributos mais valorizados pelos usuários.

Aspectos relacionados a fatores humanos, como a habilidade de direção dos motoristas e cordialidade dos funcionários se destacaram como os indicadores melhores avaliados. Somando as avaliações tidas como bom e excelente, observa-se que 57% dos respondentes estão satisfeitos com o indicador habilidade de direção. Este valor é de 53% para o indicador cordialidade dos funcionários. Aspectos relacionados aos funcionários são bastante utilizados para avaliação do TPU e possuem influência na satisfação geral do serviço prestado. Isto pode ser verificado nos trabalhos de Maraglino *et al.* (2014), Guirao *et al.* (2016), Mouwen (2015), Bajčetić *et al.* (2018), que constataram a importância desses indicadores para os usuários.

Os aspectos de segurança, incluindo a segurança pública e viária, também foram bem avaliados. Assim, é suposto que, para o objeto de estudo, tais variáveis não são fortemente relacionadas a não escolha pelo TPU, porém, será avaliado também a relação de crime e acidentes viários reais, que ocorreram no objeto de estudo, visando complementar este pressuposto.

É importante ressaltar que os resultados de avaliação da qualidade do TPU variam de acordo com a realidade do local onde o sistema opera. No trabalho de Noor *et al.* (2014), realizado na Malásia, os indicadores como lotação, segurança (a noite e a bordo) e pontualidade tiveram baixo nível de satisfação para os ônibus e os fatores relacionados a segurança nos terminais, tarifas baratas, conveniência na tarifa e condições do ônibus, obtiveram os maiores níveis de satisfação. Antunes e Simões (2013) verificam em seu estudo que acessibilidade, comportamento dos operadores, tempo de viagem e pontualidade apresentaram bons níveis de

satisfação em três cidades no Sul do Brasil. Por outro lado, em todos os municípios, os usuários se mostraram insatisfeitos com o serviço nos horários de pico e com o sistema de informação.

#### 4.4 Representação das variáveis do ambiente construído

As variáveis relacionadas ao ambiente construído foram desenvolvidas com o auxílio do SIG, por meio do software ArcGis, e é demonstrada a representação destas no perímetro urbano de Itajubá. As informações de localização da residência dos usuários, coletadas por meio dos dados primários, foram georeferenciadas para as análises. A Figura 4.7 apresenta o mapa de densidade da amostra, que foi desenvolvido por meio do método de densidade de Kernel. Este método mostra, por meio de cálculos matemáticos, uma superfície de aparência suave em torno dos pontos e é utilizado para identificar padrões nos dados que podem não ser evidentes somente com a sobreposição de pontos.

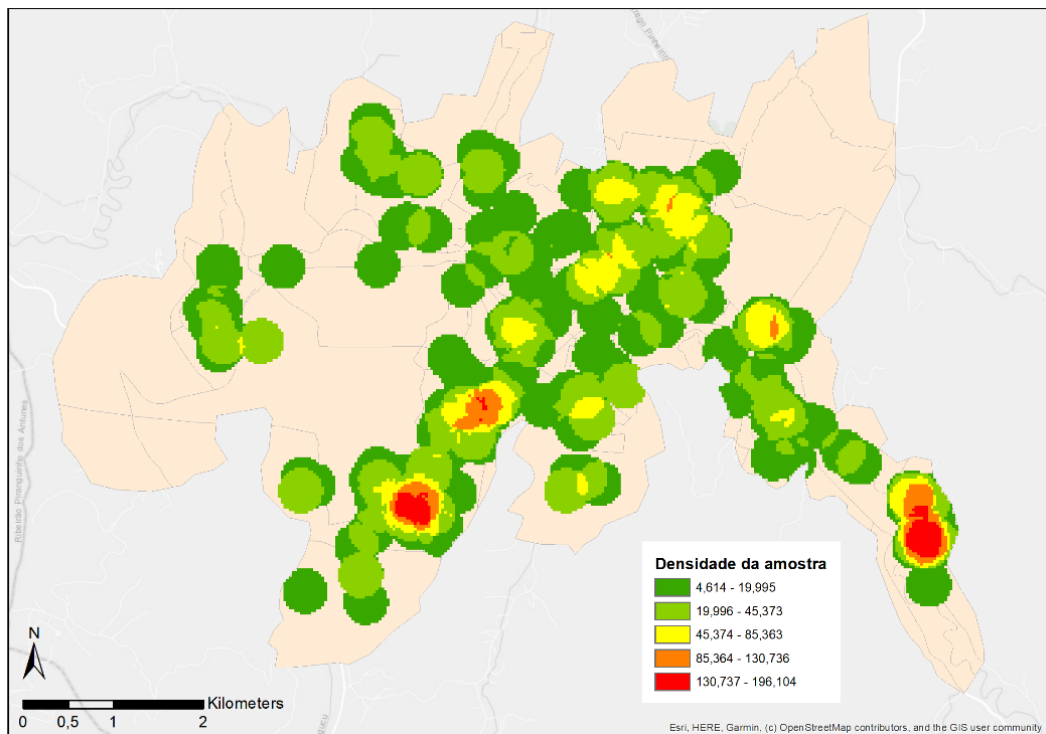


Figura 4.7 - Densidade da amostra de usuários de TPU

É possível observar uma maior concentração dos usuários nas áreas representadas pela cor vermelha. Os dois pontos de maior destaque são referentes a localidades na cidade de Itajubá reconhecidas como áreas populosas, afastadas da área central e, como informado pela empresa prestadora de serviço de TPU, de maior representatividade de usuários de TPU da cidade. À direita do mapa está localizado o bairro Santa Rosa e, à esquerda, o bairro Rebourgeon.



#### 4.4.1 “Acessibilidade ao TPU”

A variável acessibilidade ao TPU identifica o quanto distante os usuários se encontram do ponto de ônibus mais próximo de sua residência, considerando que o trajeto será realizado por meio de caminhada. Dados de localização dos pontos de ônibus urbanos e o trajeto das vias urbanas auxiliaram no cálculo da distância, por meio da ferramenta de criação e análise de rede no ARCGis (LANGFORD *et al.*, 2012), utilizando a opção “*New Closest Facility*” para realizar o cálculo de distância mais próxima. A Figura 4.9 representa o mapa com os pontos de ônibus e ruas utilizados para o cálculo.

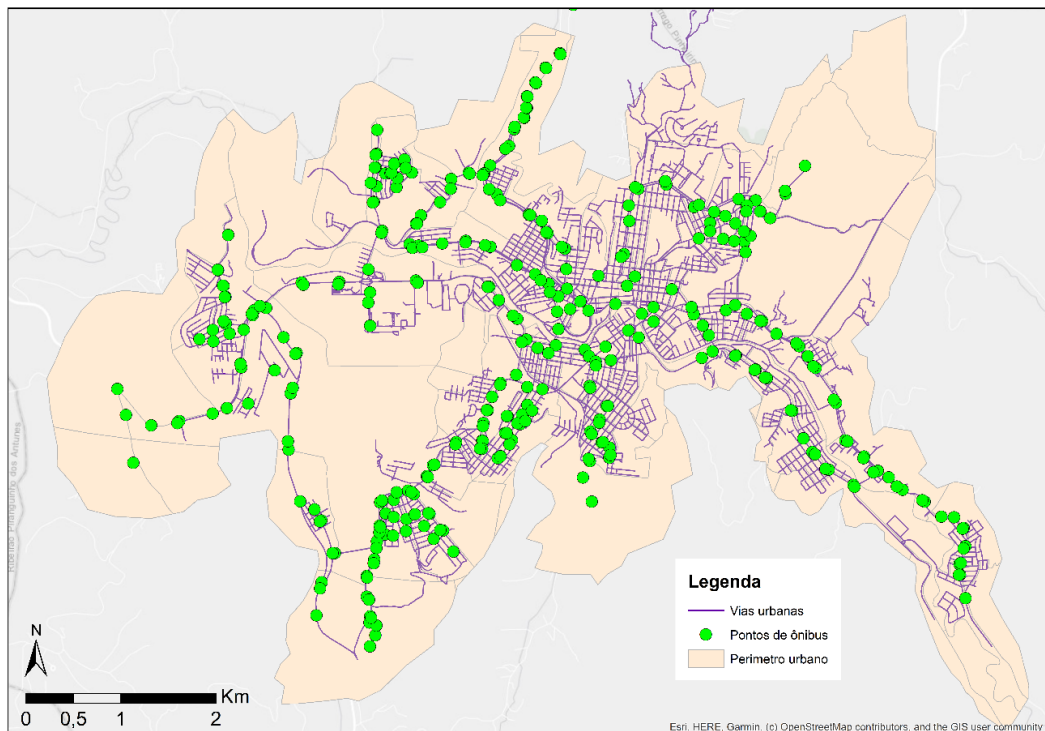


Figura 4.9 - Identificação das vias e pontos de ônibus de Itajubá/MG

Assim, foi definido a localização da residência do usuário como o início do trajeto e o ponto de ônibus mais próximo, por meio das ruas, como o fim do trajeto. O resultado foi a definição da rota mais curta que liga os dois pontos. Esse tipo de análise foi verificado também nos trabalhos de Chow *et al.* (2006), Cervero *et al.* (2010), Langford *et al.* (2012), Sarker *et al.* (2018). A distância obtida foi dada em metros e foi classificada de acordo com Ferraz e Torres (2004), que considerou, no contexto nacional do TPU por ônibus, até 300 metros como uma boa acessibilidade, de 300 a 500 metros como uma acessibilidade regular e acima de 500 metros como uma acessibilidade ruim.

Esta classificação está de acordo com outros estudos que consideram a acessibilidade a pé até a parada/estação de TPU. García-Palomares et al (2013) apontam que planejadores do TPU tendem a utilizar limites de curta distância para assumir os limiares em que as pessoas se dispõem a caminhar para ter acesso ao TPU, citando estudos que utilizaram limites para acesso a pontos de ônibus de no máximo 400 metros e para acesso a estações de trem e metrô esse valor é de 800 metros. Aljoufie (2014) buscou medir a deficiência espacial do sistema atual de TPU em Jeddah, Arábia-saudita, e para o cálculo de acessibilidade ao TPU a pé, utiliza a análise de buffers de 400 metros e 800 metros para inferir a proximidade das pessoas ao serviço (rotas) de TPU, os autores descrevem que as diretrizes para esse cálculo indicam que a distância ideal é entre 300 e 500 metros, mas principalmente não ultrapassando 800 metros. Truong e Somenahalli (2015), ao avaliar a acessibilidade as paradas para idosos, em Adelaide, Austrália, consideraram a densidade de paradas de até 400 metros de distância.

A acessibilidade ao TPU para os usuários de Itajubá resultou que, a maioria dos entrevistados (88,69%) apresentaram ótima acessibilidade, estando a uma distância menor que 300 metros do ponto de ônibus. Um total de 24 respondentes apresentaram acessibilidade boa, entre 300 e 500 metros, compreendendo uma parcela de 8,76% da amostra. Somente 7 usuários possuem acessibilidade ruim, estando a uma distância maior de 500 metros do ponto de ônibus mais próximo, representando apenas 2,55% da amostra. A Figura 4.10 representa os usuários de acordo com a acessibilidade ao ponto de ônibus calculada.

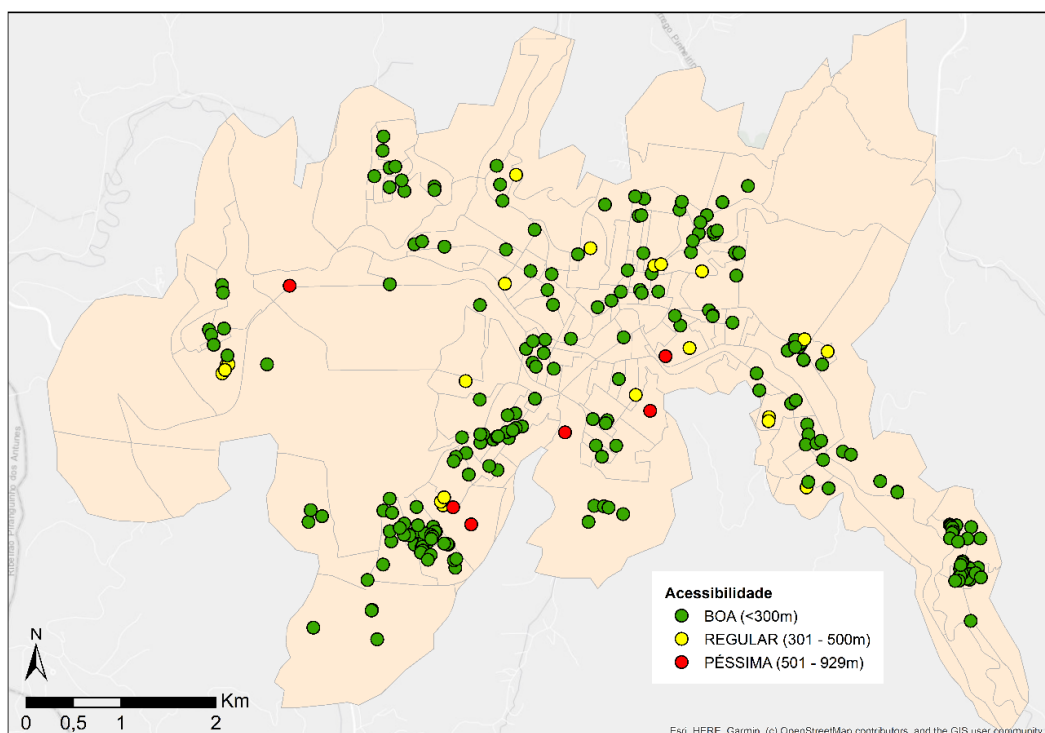


Figura 4.10 - Classificação da acessibilidade dos usuários ao TPU

Assim, é possível concluir que, em geral, Itajubá possui pontos de ônibus bem localizados e em quantidade suficiente para garantir uma boa acessibilidade aos usuários. Esse fator foi apontado na pesquisa de Santos (2019), como o segundo indicador mais satisfatório para os usuários de TPU de Itajubá, quando questionado o nível de satisfação da acessibilidade ao TPU, por meio da quantidade de ponto de ônibus existentes na cidade. Porém, não é possível afirmar, que a população possui também uma boa acessibilidade ao TPU, podendo esta ser uma questão na qual não usuários escolhem outros modos de transporte por outras razões, ao invés do TPU.

#### **4.4.2 “Uso do solo”**

O uso do solo é uma variável importante na verificação de diferentes locais de atividades desempenhadas pela população no espaço urbano. Quando é verificado que atividades de trabalho, comércio, lazer, educação, religião, entre outras, estão afastadas da residência, ocorre a necessidade de deslocamento de pessoas, geralmente de longas distâncias, atribuindo assim o uso de transportes, como o TPU ou veículos particulares. Felix (2017) demonstra que, um dos princípios do desenvolvimento orientado aos transportes de forma sustentável é a redução dessas distâncias de deslocamento, por meio da intensificação do uso de solo misto nas regiões urbanas, evitando, por exemplo, áreas de exclusividade residencial, que geram maior necessidade de deslocamento.

Chiou *et al.* (2015) avaliam classes de uso de solo em: residencial, industrial, comercial e uso misto do solo. Guimpert e Hurtubia (2018) dividem uso do solo em comércio, indústria e área verde, por meio da análise percentual da superfície de cada tipo de solo em relação a superfície total do setor. Além de contabilizar a quantidade de habitações, estações de metrô, estabelecimentos de ensino, de saúde e religiosos, por quilometro quadrado.

Thao e Ohnmacht (2019) ao avaliar os efeitos do ambiente construído no comportamento de viagem, considera a distância de rota do local de residência para diversas instalações, utilizando a distância média em quilômetros, dos pontos de interesse divididos em: entretenimento (teatro, museu, cinema, café, pub, bar, discoteca); serviços (farmácia, restaurante, escola, banco, consultório médico, biblioteca, escritório de trabalho); comércio varejista (varejo, pequena loja, grande loja, pequeno supermercado, grande supermercado, loja de consumo); locais para atividades de lazer (tênis, golfe, centro esportivo).

Nazem *et al.* (2015) utilizam duas formas distintas para calcular o número de oportunidades espacialmente em seu modelo de análise do TPU. São dois modelos cumulativos, um é feito por meio de classificações de destinos com base apenas nas durações das viagens do

TPU e outro acrescenta o nível de satisfação com o TPU e o número de oportunidades potenciais em cada destino, utilizando um procedimento de classificação de destino aprimorado com base na maximização de uma função de utilidade.

Assim, o uso do solo foi analisado por meio da identificação de oportunidades próxima aos usuários, se relacionando ao TPU por meio da compreensão da necessidade de viagens para realizar atividades diárias. A seleção dos locais de interesse foi embasado na literatura citada e no conhecimento local, buscando identificar locais de interesse em Itajubá que poderiam gerar necessidade de viagem para os residentes como as instituições de ensino, saúde, supermercados, bancos e lazer. A Figura 4.11 representa os mapeamentos dos pontos de oportunidades (OP) definidos para esse estudo, porém é importante destacar que a obtenção de dados reais das viagens realizadas pelos usuários seria um indicativo mais preciso na análise de uso do TPU.

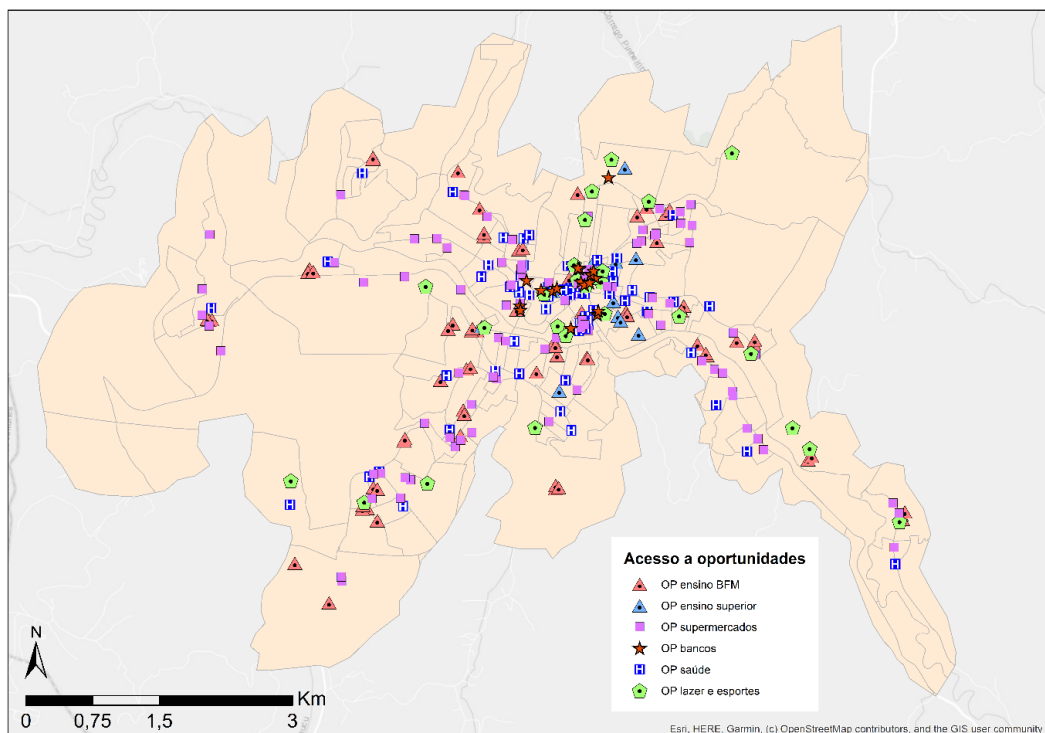


Figura 4.11 - Identificação de pontos de oportunidade de acesso

Para o cálculo da distância mais próxima dos usuários às oportunidades, foi utilizada a ferramenta análise de rede e a estrutura das ruas, demonstrada na variável acessibilidade ao TPU. Os dados sobre a localização dos estabelecimentos foram coletados por meio do Google Earth Pro e georeferenciados no Arcgis, possibilitando o cálculo da distância entre as residências e as oportunidades.

Assim, como resultado destas análises, foram desenvolvidas variáveis de oportunidades, representadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Variáveis de oportunidade de acesso a locais de interesse

Variáveis	Descrição
OP BFM (ensino básico, fundamental e médio)	Foi considerado a média entre as distâncias obtidas para as creches, para as escolas municipais e para as escolas estaduais
OP ensino superior	Compreende a média entre as distâncias das cinco instituições de ensino superior presencial localizadas no objeto de estudo;
OP supermercados	Compreende os estabelecimentos destinados a compra de alimentos, como supermercados, padarias, açougues e mercearias, sendo considerados a média da distância até os estabelecimentos mais próximos;
OP bancos	Compreende a distância até a instituição financeira mais próxima;
OP saúde	Compreende a média entre as distâncias a um posto de saúde ou hospital e a uma farmácia;
OP lazer e esportes	Foram consideradas a média entre as distâncias obtidas para chegar a um espaço público destinado a lazer, como parque municipal (inclui o acesso a teatro e cinema), parque olímpico e praças e a um espaço público destinado a esportes, como estádios e ginásios poliesportivos;

As estatísticas descritivas obtidas com o desenvolvimento das variáveis são apresentadas na Tabela 4.5 a seguir.

Tabela 4.5 - Estatística descritiva das variáveis oportunidade de acesso

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
OP ensino BFM	661,7	350,1	171,0	2449,6
OP ensino sup.	3408,8	1506,0	1235,8	6725,2
OP supermercados	296,7	283,0	4,4	1572,1
OP bancos	2493,8	1586,6	37,0	5637,1
OP saúde	978,5	743,3	101,2	3945,8
OP lazer	1266,3	899,6	274,8	4723,2

É percebido que as maiores distâncias médias relacionadas aos usuários de TPU compreende o acesso ao ensino superior, a bancos e ao lazer. Enquanto que a menor distância é até um supermercado mais próximo, seguido da distância até a saúde.



### 4.4.3 “Distância do centro de negócios”

A distância ao centro comercial, de negócios ou distância ao CBD (do inglês “*central business district*”), é também uma importante variável que se relaciona com o uso de transportes em geral, por ser uma área de grande atração de viagens. Ewing e Cervero (2010) destacam que a proximidade do centro é o indicador que apresenta maior correlação com a redução de viagens diárias motorizadas. Para Delbosc e Currie (2012), a distância ao centro, bem como a posse de veículos particular, são consideradas variáveis que podem influenciar na frequência de uso do TPU. Truong e Somenahalli (2015) calculam a distância ao centro comercial por meio da rede de estradas que liga o entrevistado ao centro.

Para o cálculo da distância ao centro os autores Liu *et al.* (2019) adotam a distância euclidiana do centroide de cada área considerada em seu trabalho para o centro de negócios predefinido. Neste trabalho foram utilizadas as localizações dos entrevistados para realizar este cálculo, por meio da análise de rede foi calculada a distância, em metros, até o centroide da área central. A área central foi desenvolvida de acordo com o plano diretor de Itajubá, que denomina a área como de interesse comercial, sendo que a cidade apresenta somente essa área como centro, onde são localizados os principais comércios e bancos da cidade. Apesar de bairros da cidade apresentarem atividades mistas de solo com comércios locais, a cidade não apresenta multi-centralidades. A Figura 4.12 mostra o mapa com a localização dos usuários e as linhas representam a distância euclidiana da residência ao CBD. A maioria dos entrevistados (63%) estão a uma distância maior que dois quilômetros do CBD.

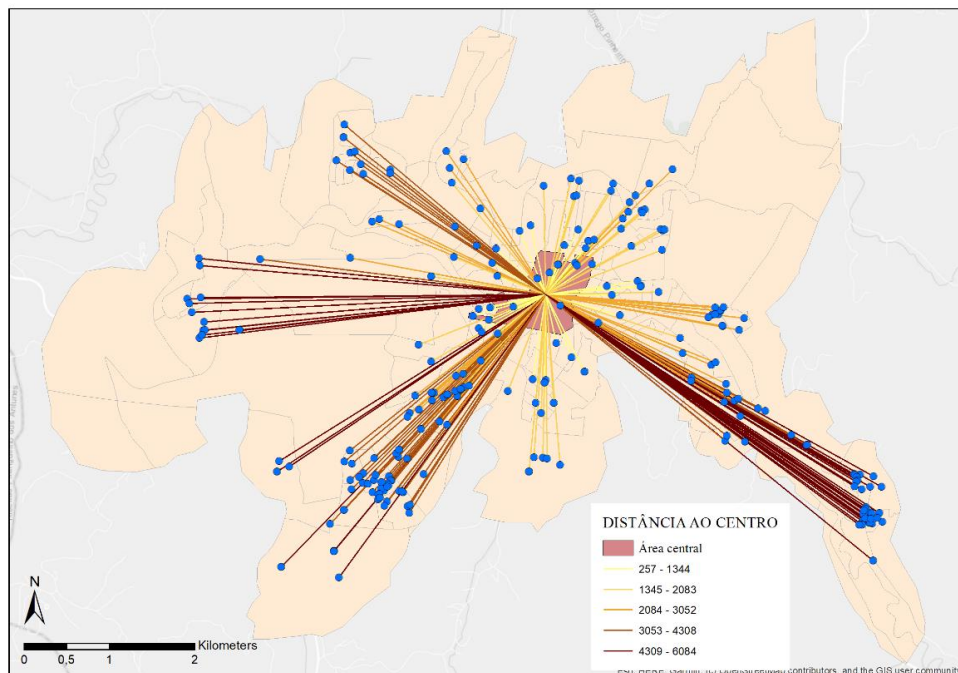


Figura 4.12 - Distância dos usuários ao centroide do CBD de Itajubá/MG

#### 4.4.4 “Densidade populacional”

Foi considerada a divisão do perímetro urbano por setor censitário, segundo o IBGE (2010), para o desenvolvimento da variável densidade populacional que contabiliza o número de habitantes por hectare em cada setor. Moreira *et al.* (2019) apontam que os parâmetros para medir a densidade populacional ou demográfica são variantes, principalmente em função da cultura de cada região e, apesar desse fator não estar diretamente relacionado a qualidade ou utilização adequada do espaço, destaca ser importante definir um parâmetro para sua medição, cuidando para que os meios urbanos se desenvolva de forma equilibrada. Os autores afirmam ainda que, valores muito altos de densidade populacional podem sobrecarregar o meio urbano e afetar a sustentabilidade e a mobilidade deste.

Para o cálculo da densidade populacional foi projetado os setores utilizado o *shapefile* disponibilizado pelo IBGE (2010) contendo o mapa de Itajubá com a divisão dos setores censitários e o número populacional por setor, sendo possível, por meio do SIG, realizar o cálculo da área setorial e, por fim, a densidade populacional por setor. Foi feita uma classificação dos setores pela densidade populacional baseada na classificação disponível no ArcGis, chamada “*Natural Breaks (Jenks)*” ou quebras naturais para ilustrar como a densidade está distribuída no perímetro urbano. Porém, a variável foi abordada como contínua ao se apresentar como potencial de influência na análise de regressão subsequente, atribuindo aos usuários a densidade do setor o qual pertence.

A classificação adotada, novamente, para ilustrar a densidade no perímetro urbano de Itajubá, utiliza um algoritmo para determinar classes baseadas em agrupamentos naturais inerentes aos dados, identificando quebras de classes que melhor agrupam valores semelhantes e maximizam a diferença entre as classes. Este método foi escolhido pois possibilita a distribuição das densidades populacionais de acordo com a realidade do objeto de estudo, salientando que a classificação deve ser avaliada para não apresentar incoerência em relação as classificações em estudo semelhantes.

No trabalho de Moreira *et al.* (2019), realizado em Goiânia, Goiás, os autores determinam densidades maiores que 350 habitantes/ha como muito alta, de 151 a 350 habitantes/ha como alta, de 51 a 150 habitantes/ha como média; 16 a 50 habitantes/ha como baixa e, por fim, abaixo de 15 habitantes/ha como densidade muito baixa. Os autores ressaltam que, as classificações das densidades demográficas não são claramente estabelecidas pela literatura nem pelos planos diretores brasileiros e, ainda, variam de acordo com a região, porém, no consenso geral avaliado, um ambiente de alta densidade contém mais de 250 habitantes/ha.

Outro exemplo de classificação de densidade, foi demonstrado pelo trabalho de Aljoufie (2014), que considerou a classificação recomendada pelo censo, em Jeddah, Árabia Saudita, como alto um nível de densidade maior que 150 pessoas/ha, de 75-150 pessoas/ha como médio e menor que 75 pessoas/ha como baixo.

A Figura 4.13 demonstra como a densidade populacional por setor censitário na cidade em estudo, delimitado pelo perímetro urbano.

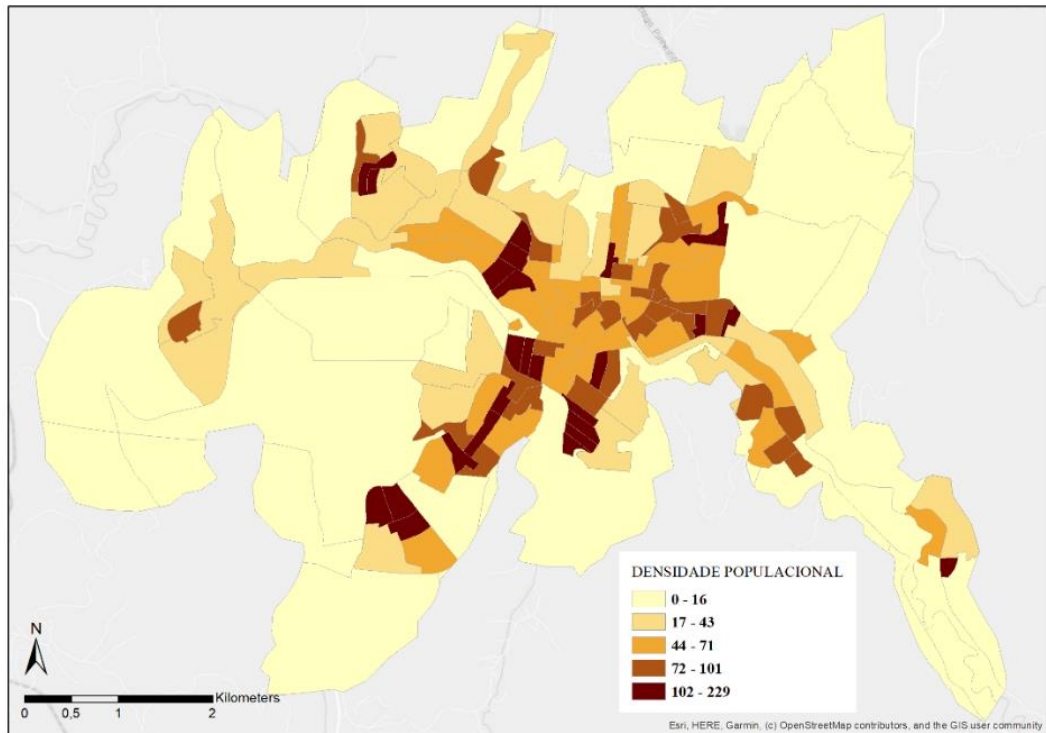


Figura 4.13 - Densidade populacional dos setores censitários

A classificação realizada, inerente aos dados dos setores censitários é demonstrada por 5 classes: muito baixa (até 16 habitantes/ha); baixa (de 17 a 43 habitantes/ha); média (de 44 a 71 habitantes/ha); alta (de 72 a 101 habitantes/ha); e muito alta (acima de 102 habitante/ha). É válido ressaltar que a diferenciação entre as classes sofre modificação de acordo com as características do território avaliado e da forma com que a cidade se desenvolveu ao longo do tempo, principalmente em relação ao uso e ocupação do solo, que muitas vezes ocorre de forma desordenada. Para Itajubá, como na maioria das cidades de porte pequeno e médio no Brasil, esse desenvolvimento ocorreu de forma acelerada, sem o planejamento e gerenciamento adequado (FELIX *et al.*, 2019).

Nkeki e Asikhia (2019) apontam que o crescimento tende a avançar em direção à área suburbana, com o aumento da densidade ou expansão. A expansão pode incentivar viagens de

longa distância, encorajando viagens motorizadas, no caso do modo público, caso tal expansão ocorrer ao longo de estradas principais. E incentiva o uso veículos particulares, caso a expansão ocorra de modo aleatório.

Para Itajubá, os setores menos densos são os que possuem maiores áreas e estão mais distantes da área central, tendendo aos setores rurais. Porém, é verificado que regiões suburbanas se desenvolvem em áreas específicas e são bastante populosas, formando comunidades mais densas. É observado que nessas regiões houve uma concentração de usuários de TPU, como já demonstrado pelo mapa da Figura 4.7, de densidade da amostra. A distribuição da amostra nos setores censitários contempla todos setores de diferentes densidades populacionais de forma homogênea. A porcentagem de usuários em setores de densidades muito baixas e baixas foi de 41%, para setores de densidades média e alta o resultado foi de 38% dos usuários e os setores de densidade muito alta contem 21% da amostra. A representação da variável de forma continua tem a estatística descritiva da média em 59,41 habitantes/ha e um desvio padrão no valor de 43,08 habitantes/ha.

#### **4.4.5 “Quantidade de linhas”**

A quantidade de linhas de ônibus foi medida por meio da segmentação das linhas que passam próximo ao usuário, sendo consideradas segmentos na ida e na volta, buscando quantificar o acesso ao TPU por meio das linhas acessíveis ao usuário. É importante salientar que os segmentos de linhas foram construídos com base na disponibilidade das linhas, em dia de semana, disponibilizadas pela empresa de serviço. Para o cálculo final, foi utilizado um buffer de 500 metros em torno da residência do usuário e calculado a quantidade de linhas disponíveis. Liu *et al.* (2019) utilizam uma abordagem semelhante, por meio do cálculo do comprimento total de segmentos de linha de ônibus (e outros modos disponíveis) dentro de cada área pré-definida e divide esse valor pela quantidade de quilômetros quadrados dentro dessa área.

Para Chiou *et al.* (2015), o número de rotas é um indicador eficaz para a análise da cobertura de uma rede rodoviária, em que o aumento da quantidade de linhas pode favorecer o uso do TPU, facilitando o acesso as paradas de ônibus. Em seu trabalho os autores verificaram que as áreas centrais são mais atendidas em relação ao número de rotas disponível de TPU.

Para Itajubá, a área central concentra um maior número de linhas segmentadas, seguida pelas linhas que compreende o itinerário da Santa Rosa e do Rebourgeon, tendo assim

disponibilidade de um maior número de destinos acessíveis aos usuários que possuem acesso ao longo das linhas.

#### **4.5 Representação da segurança pública e viária**

A frequência de uso dos modos de transporte sustentáveis nas vias urbanas é influenciada pela percepção das pessoas quanto a segurança pública, sendo um fator fundamental, na escolha das rotas para ciclistas e pedestres. Assim, a escolha pela rota também é influenciada pela segurança viária que, segundo Tilahun *et al.* (2007), é um dos fatores mais relevantes nesse processo de escolha do usuário para realizar o deslocamento, mesmo quando comparado ao tempo de viagem, condições climáticas e relevo irregular. Desta maneira, é proposto que a segurança pública e viária são potenciais influentes na escolha por modos sustentáveis de transporte, incluindo na caminhada até uma estação de TPU, que se aplica aos usuários do objeto de estudo.

Os dados para compor as variáveis de segurança pública e viária foram disponibilizados pela Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (PMMG), durante o período de janeiro de 2018 a abril de 2020, o qual compreende a obtenção dos dados dessa pesquisa. Optou-se por mapear os crimes registrados em vias públicas para compor a variável segurança pública. A descrição desses crimes e o número de ocorrências, entre parênteses, no período considerado foram: furto (970); tráfico ilícito de drogas (742); uso e consumo de drogas (500); lesão corporal (243); roubo (216); agressão (210); homicídio (22); e estupro (3). Ao todo foram 2.906 ocorrências, das quais 46 foram excluídas por informações incompletas ou imprecisas do endereço de localização e/ou por estarem localizadas fora do perímetro urbano. Portanto, 2.860 ocorrências de criminalidade foram validadas para este estudo. Tais informações foram projetadas no SIG, por meio da localização espacial das ocorrências e a Figura 4.14 mostra a densidade destas no perímetro urbano de Itajubá, calculada por meio da densidade de Kernel.

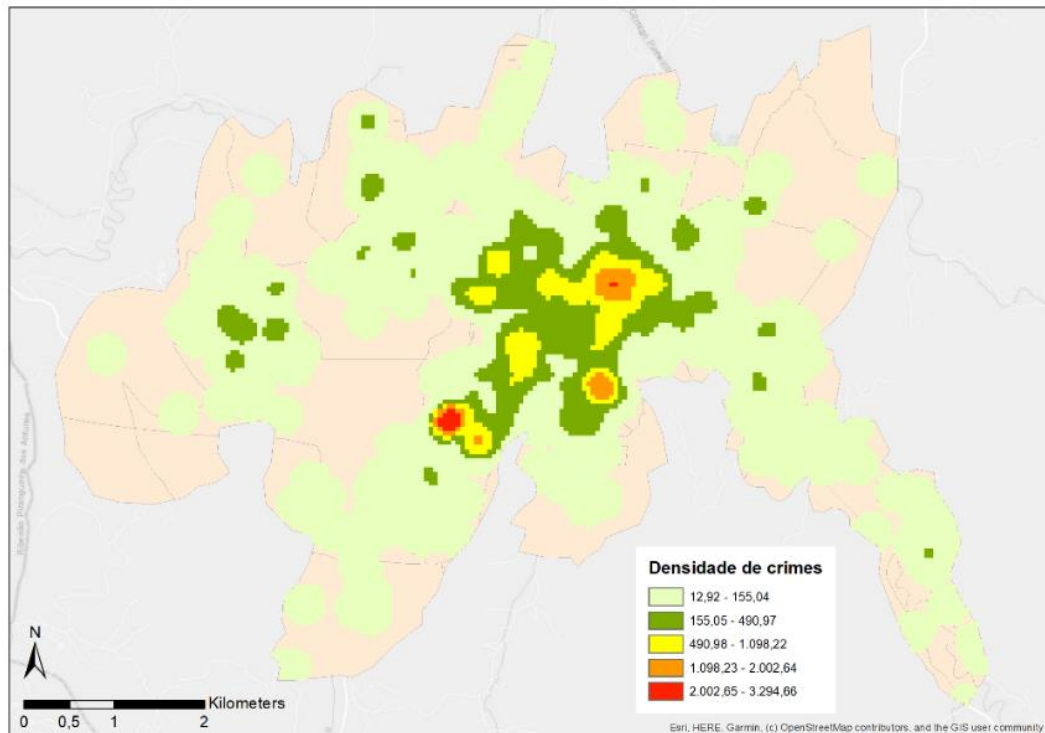


Figura 4.14 - Densidade das ocorrências de crimes nas vias públicas

É percebido que os crimes ocorrem, em sua maioria, na região central da cidade e no seu entorno e também em uma área específica, em que é localizado um agrupamento de bairros com alto índice de tráfico ilícito de drogas, sendo assim, tais áreas estão propensas a um maior número de crimes no entorno da residência do usuário, a ser calculado.

Para compor a análise de segurança viária, foram considerados os acidentes envolvendo ciclistas e pedestres, com ou sem vítima. A descrição desses acidentes e o número de ocorrências, entre parênteses, no período considerado foram: colisão (121); atropelamento de pessoa (79); choque (14); queda de veículo com e sem pessoa (4); e outros (4). Ao todo foram 222 ocorrências e todas possuíam endereço correto e localizado dentro do perímetro urbano. Portanto, todas foram incluídas na análise e, a Figura 4.15, representa a densidade das ocorrências de acidentes no perímetro urbano de Itajubá.

As ocorrências de acidentes também permeiam a área central da cidade, onde o fluxo de trânsito é maior, e também ocorre nas principais vias de acesso da cidade, que inclui a rodovia BR 459 que passa por dentro da cidade.

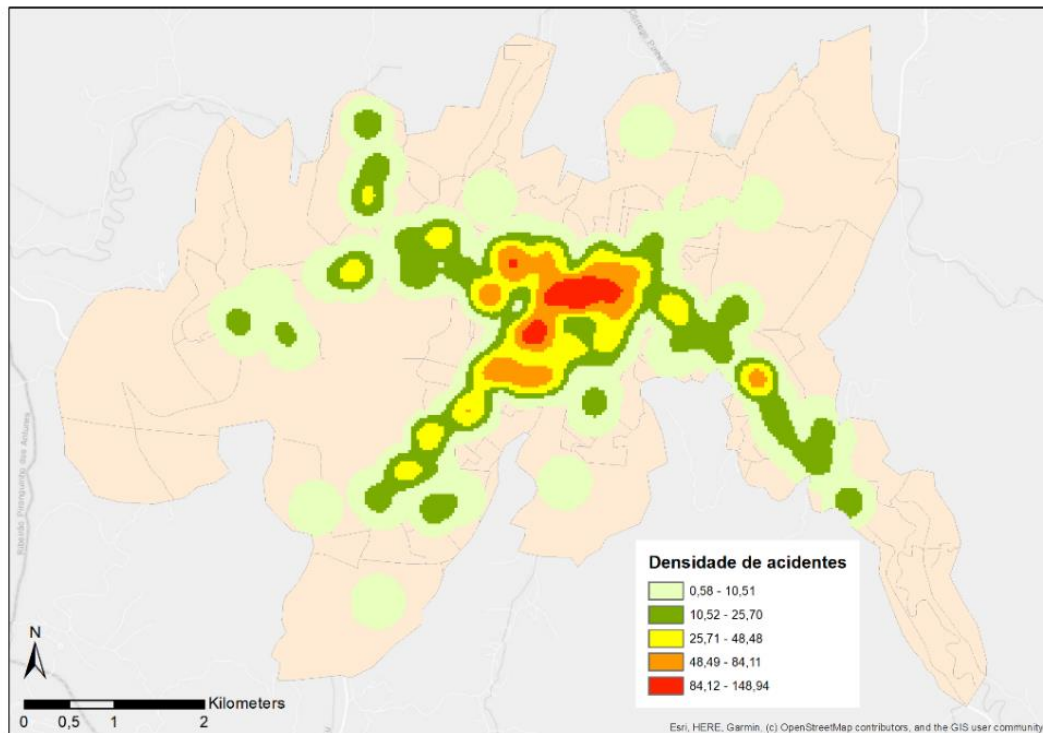


Figura 4.15 - Densidade das ocorrências de acidentes envolvendo ciclistas e pedestres

A análise das variáveis referente a segurança ocorreu por meio da identificação da quantidade de ocorrência próximas a localização do usuário de TPU, em um buffer de 500 metros. Essa distância foi escolhida devido a literatura apontar como uma distância favorável em que as pessoas se propõem a caminhar para ter acesso ao TPU (FERRAZ E TORRES, 2004; ALJOUFIE, 2014; GRIECO *et al.*, 2015), sendo importante que o entorno desse trajeto seja seguro. Tendo ainda que, os dados de acessibilidade ao ponto de ônibus dos usuários de Itajubá apontam que a grande maioria (97,5%) da amostra coletada está a uma distância menor de 500 metros do ponto de ônibus mais próximo.

#### 4.6 Definição das variáveis dependente e independentes

Poucos foram os trabalhos encontrados na literatura que levam em consideração a frequência de uso do TPU. Truong e Somenahalli (2015) avaliam variáveis relacionadas frequência do uso do TPU entre os idosos em Adelaide, Austrália, incluindo características socioeconômicas, percepções da importância do TPU, distância ao centro comercial e quantidade de paradas de TPU próximo aos usuários. Birago *et al.* (2017) estudam as razões pelas quais os passageiros não preferem os ônibus como seu principal meio de transporte, em Acra, e exploram, dentre outros aspectos, as diferenças nas percepções de nível de serviço do

TPU para usuários frequentes, ocasionais e não usuários. Chiou *et al.* (2015) avaliam diferentes áreas geográficas para verificar os fatores que afetam a taxa de uso do TP, comparado a área central. Delbosc e Currie (2012) e Verma *et al.* (2020) utilizam a variável frequência de uso como um dos fatores potenciais ao explorar a influência de diversas variáveis na percepção de segurança no TPU.

Assim, é percebido que a frequência de uso é considerada em trabalhos que avaliam o uso do TPU, porém a adoção desta como variável dependente foi ainda pouco explorada nos modelos que envolvem o uso do TPU, seja na avaliação da qualidade, demanda ou escolha de modo e, ainda, considerando diferentes variáveis independentes de nível de satisfação com o TPU e aspectos do ambiente construído em conjunto.

Portanto, para este estudo a variável dependente escolhida foi a frequência de uso do TPU, visto que é um importante fator que impacta na demanda do TPU, sendo que o entendimento das variáveis que estão relacionadas a esta frequência pode incentivar o uso do TPU, principalmente por usuários ocasionais e raros. É possível contribuir também em diretrizes que possam atrair novos usuários para o TPU. A variável dependente foi classificada em três categorias: usuários frequentes (1) que utilizam o TPU de 3 a 7 dias por semana; usuários ocasionais (2) que utilizam o TPU 1 ou 2 vezes por semana; e, usuários raros (3) que utilizam o TPU, no máximo, 3 vezes por mês.

As variáveis independentes foram desenvolvidas de acordo com a relevância encontrada na literatura e com a disponibilidade de dados. Ao todo são considerados 34 variáveis potenciais de influência na frequência de uso do TPU, essas foram descritas na Tabela 4.6, juntamente com o desempenho esperado destas em relação a variável dependente. Todas as variáveis foram apresentadas, mesmo que não se achem significativas na regressão final.

A expectativa da relação esperada entre as variáveis foi proposta baseada no conhecimento teórico obtido pela revisão da literatura e pela ordem que os fatores foram dispostos na descrição, assim são definidas hipóteses das variáveis independentes se relacionarem de forma direta (+) ou indireta (-) com a variável dependente, ou ainda, de forma indefinida, quando não se tem argumento suficiente para sugerir uma associação apropriada entre as variáveis.



Tabela 4.6 - Descrição das variáveis independentes e expectativa

Variáveis independentes	Expectativa	Descrição
<i>Socioeconômicas:</i>		
1 Gênero	+	0 = masculino; 1 = feminino (variável dicotômica)
2 Faixa etária	Indefinido	1 = 15 - 19; 2 = 20 - 35; 3 = 35 - 59 ; 4 = >60(variável ordinal)
3 Escolaridade	-	1 = básico; 2 = fundamental; 3 = médio; 4 = superior (variável ordinal)
4 Ocupação	-	1 = trabalhador; 2 = estudante; 3 = aposentado; 4 = desempregado (variável nominal)
5 Tipo de pagamento	+	1 = comum; 2 = vale transporte; 3 = estudante ; 4 = gratuito (variável nominal)
6 Renda domiciliar mensal	-	1 = < R\$998,00; 2 = R\$999,00-R\$2.994,00; 3 = R\$2.995,00-R\$5.988,00; 4 = >R\$5.988,00 (variável ordinal)
7 Posse de automóvel	-	0 = não possui; 1 = possui (variável dicotômica)
8 Posse de bicicleta	-	
<i>Modo de viagem:</i>		
9 Trabalho	+	
10 Estudo	+	0 = não; 1 = sim (variável dicotômica)
11 Atividades rotineiras	Indefinido	
<i>Nível de satisfação:</i>		
12 Existência de cobertura	+	
13 Informação (pontos)	+	
14 Tempo de viagem	+	
15 Frequência	+	
16 Pontualidade	+	
17 Lotação	+	
18 Segurança Pública	+	
19 Segurança viária	+	
20 Tarifa	+	
21 Cordialidade dos funcionários	+	
22 Habilidade de direção	+	
<i>Ambiente construído:</i>		
23 Acessibilidade ao ponto de ônibus	-	1 = até 300m (boa); 2 = 300-500m (regular); 3 = >500m (ruim) (variável ordinal)
24 Densidade populacional	Indefinido	Habitantes/hectare (variável contínua)
25 Distância ao CBD	+	Distância em metros (variável contínua)
26 Quantidade de linhas TPU	+	Contagem de segmentos de linhas - buffer 500m (variável contínua)
27 Oportunidade ao ensino BFM	+	
28 Oportunidade ao ensino superior	+	
29 Oportunidade ao supermercado	+	
30 Oportunidade ao banco	+	
31 Oportunidade a saúde	+	
32 Oportunidade ao lazer e esporte	+	
<i>Segurança:</i>		
33 Criminalidade	-	Nº de ocorrência de crimes no entorno de um buffer de 500m (variável discreta)
34 Acidentes viários envolvendo ciclistas e pedestres	-	Nº de ocorrência de acidentes no entorno de um buffer de 500m (variável discreta)

As expectativas que demonstraram relações diretas são esperadas que contribuam para o uso do TPU com mais frequência, sendo consideradas as variáveis: gênero, onde sugere-se que as mulheres são mais propensas a utilizarem o TPU; tipo de pagamento, considerando o

pagamento de metade do valor (vale transporte ou estudante) e gratuito (aposentados); uso do transporte público para trabalho e estudo; maior distância ao CBD; maior quantidade de linhas segmentadas acessíveis; e, maiores distâncias as oportunidades definidas pelo uso do solo.

Relações inversas são esperadas que contribuam negativamente para o uso do TPU quando verificado o seu aumento, sendo considerada as variáveis: escolaridade, principalmente quando os indivíduos possuem ensino superior; ocupação, considerando aposentados e desempregados; renda domiciliar mensal mais alta; posse de veículo particular e/ou bicicleta na residência; acessibilidade ruim a parada de TPU; e, maiores números de ocorrências de crimes e acidentes viários, envolvendo ciclistas e pedestres, no entorno da residência.

Em relação aos indicadores de nível de satisfação com o TPU, é esperado que, quanto maior a satisfação, maior o uso do TPU com frequência. Han *et al.* (2018) aponta que o maior grau de satisfação com o ônibus influencia, inclusive, uma maior tendência de escolher o TPU nas viagens.

Por fim, algumas variáveis foram consideradas indefinidas, como a faixa etária, em que, segundo estudos como de Badoe e Yendeti (2007), os usuários mais ativos de TPU estão em uma faixa etária intermediária, ou seja, não são nem de primeiro nível, nem são os mais velhos, considerando relevante uma faixa pertinente à pessoas trabalhadoras. A utilização do TPU para realizar atividades rotineiras também está como indefinida, por ser uma variável pouco utilizadas nas avaliações do TPU pesquisadas. A densidade populacional também foi considerada como indefinida, por possuir características específicas da construção da cidade e por poucas referências na literatura apontar resultados significativos da densidade populacional de locais com características semelhantes ao objeto de estudo desse trabalho.

## 4.7 Análise exploratória de dados

Para realizar uma análise exploratória inicial dos dados, foi realizada a tabulação cruzada das variáveis independentes com as três diferentes categorias da variável dependente e apresentado as relações interessantes, demonstradas por meio do teste qui-quadrado para variáveis categóricas.

A Tabela 4.7 faz referência a distribuição da amostra em relação aos aspectos socioeconômicos e modo de viagem. Primeiro, foi verificada a necessidade de agrupamento de categorias de algumas variáveis, para que essas variáveis tivessem uma contagem (frequência) adequada para o cálculo de sua significância. Por exemplo, a escolaridade foi utilizada em três nível, agrupando o ensino básico e fundamental. Para os tipos de pagamento, foram agrupados os pagamentos que caracterizam metade da passagem, como vale transporte e vale estudante. E

para a renda domiciliar, foram agrupadas as categorias acima de 3 salários mínimos. A análise é referente a contagem de casos (n) e a frequência (%) que estes representam na amostra total de cada categoria da variável frequência de uso.

Tabela 4.7 - Análise descritiva das variáveis socioeconômicas e modo de viagem

Variáveis	Categorias	ID	Uso frequente (n=170)		Uso ocasional (n=49)		Uso raro (n=55)	
			n	%	n	%	n	%
<i>Socioeconômicas:</i>								
1 Gênero	Masculino	0	34	20%	12	24%	23	42%
	Feminino	1	136	80%	37	76%	32	58%
2 Faixa etária	15 – 19	1	36	21%	9	18%	11	20%
	20 – 35	2	55	32%	18	37%	26	47%
	35 – 59	3	66	39%	17	35%	14	25%
	>60	4	13	8%	5	10%	4	7%
3 Escolaridade	até fundamental	1	28	16%	12	24%	4	7%
	Médio	2	74	44%	18	37%	26	47%
	superior/pós graduação	3	68	40%	19	39%	25	45%
4 Ocupação	Trabalhador	1	113	66%	19	39%	21	38%
	Estudante	2	45	26%	15	31%	26	47%
	Aposentado	3	6	4%	6	12%	4	7%
	Desempregado	4	6	4%	9	18%	4	7%
5 Tipo de pagamento	Comum	1	38	22%	40	82%	48	87%
	Metade	2	126	74%	5	10%	4	7%
	Gratuito	3	6	4%	4	8%	3	5%
6 Renda domiciliar mensal	< R\$998,00	1	29	17%	13	27%	8	15%
	R\$999,00 – R\$2.994,00	2	102	60%	27	55%	24	44%
	>R\$2.995,00	3	39	23%	9	18%	23	42%
7 Posse de automóvel na residência	não possui	0	80	47%	25	51%	15	27%
	Possui	1	90	53%	24	49%	40	73%
8 Posse de bicicleta na residência	não possui	0	89	52%	22	45%	28	51%
	Possui	1	81	48%	27	55%	27	49%
<i>Modo de viagem</i>								
9 Trabalho	Não	0	51	30%	42	86%	53	96%
	Sim	1	119	70%	7	14%	2	4%
10 Estudo	Não	0	117	69%	46	94%	54	98%
	Sim	1	53	31%	3	6%	1	2%
11 Atividades rotineiras	Não	0	84	49%	15	31%	31	56%
	Sim	1	86	51%	34	69%	24	44%

É observado que o gênero feminino representa a maior porcentagem de uso nas três categorias de referência, porém de forma menos relevante na categoria de uso raro. Em relação a idade, é observado que usuários de 20 a 35 anos tendem ao uso do TPU com menor frequência

do que a faixa etária de 36 a 59 anos. Respondentes mais velhos ou mais novos, tendem a variar na escolha entre as três categorias.

A ocupação como estudantes e trabalhadores, apesar de ser os usuários que utilizam o ônibus com maior frequência, também tem propensões ao uso do TPU de forma raro, onde é provável que utilizem outros meios de transporte para o trabalho.

Em relação ao pagamento, é notório que os pagantes do valor total da passagem tendem a menor frequência de uso do TPU, enquanto que os que recebem benefício de meia passagem, caracterizando o uso de vale-transporte ou vale-estudante, optam pelo uso com maior frequência. É observado também que 77% dos usuários frequentes possuem renda familiar mensal de até 3 salários mínimos. Dos usuários raros, é verificado que 73% possuem veículos particular na residência.

Por fim, a maioria dos usuários frequentes (70%) utilizam o TPU para trabalho, essa relação é inversa para os usuários ocasionais e raros, tendem a não usar o TPU para o trabalho. Já para o estudo, apesar da maioria dos usuários frequentes não utilizar o TPU para o estudo, dentre os que optam pelo uso, esse uso é frequente.

Com um nível de significância menor que 0,05, as variáveis categóricas que se apresentaram associadas a frequência de uso, com foram: gênero, ocupação, tipo de pagamento, renda domiciliar mensal, posse de veículo na residência e as três variáveis referente a escolha do TPU como principal modo de viagem para atividades a trabalho, estudo e rotina. É importante salientar que as associações demonstradas não inferem que tais variáveis vão compor o modelo de regressão posterior, mas que são fortes candidatas a estarem no modelo.

A Tabela 4.8 faz referência a distribuição da amostra em relação ao nível de satisfação das onze variáveis avaliadas de acordo com a percepção dos usuários. Para as variáveis de nível de satisfação, foi utilizada 3 categorias, agrupando os níveis de satisfação péssimo e ruim em 1-insatisfeito e, também, bom e ótimo em 3-satisfeito, e a nota como razoável foi denominada 2-neutra.

Tabela 4.8 - Análise descritiva das variáveis de percepção da qualidade

Variáveis	ID	Uso frequente (n=170)		Uso ocasional (n=49)		Uso raro (n=55)	
		N	%	n	%	n	%
<i>Nível de Satisfação</i>							
12 Existência de cobertura	1	106	62%	34	39%	26	47%
	2	36	21%	7	14%	20	36%
	3	28	16%	8	16%	9	16%
13 Informação (pontos)	1	102	60%	30	61%	40	73%
	2	37	22%	12	24%	9	16%
	3	31	18%	7	14%	6	11%
14 Tempo de viagem	1	54	32%	14	29%	11	20%
	2	39	23%	14	29%	23	42%
	3	77	45%	21	43%	21	38%
15 Frequência	1	117	69%	28	57%	27	49%
	2	23	14%	16	33%	21	38%
	3	30	18%	5	10%	7	13%
16 Pontualidade	1	81	48%	22	45%	20	36%
	2	50	29%	16	33%	25	45%
	3	39	23%	11	22%	10	18%
17 Lotação	1	77	45%	17	35%	16	29%
	2	47	28%	19	39%	20	36%
	3	46	27%	12	27%	19	35%
18 Segurança Pública	1	50	29%	13	27%	17	31%
	2	41	24%	18	37%	17	31%
	3	79	46%	18	37%	21	38%
19 Segurança viária	1	37	22%	9	18%	8	15%
	2	53	31%	15	31%	18	33%
	3	80	47%	25	51%	29	53%
20 Tarifa	1	132	78%	33	67%	32	58%
	2	27	16%	13	27%	21	38%
	3	11	6%	3	6%	2	4%
21 Cordialidade dos funcionários	1	35	21%	9	18%	5	9%
	2	47	28%	14	29%	17	31%
	3	88	52%	26	53%	33	60%
22 Habilidade de direção	1	22	13%	6	12%	5	9%
	2	48	28%	16	33%	18	33%
	3	100	59%	27	55%	32	58%

Os usuários das três diferentes categorias de frequência de uso estão mais insatisfeitos com a existência de cobertura e informações nos pontos de ônibus, frequência dos ônibus e, principalmente, com a tarifa.

Em relação a pontualidade, é percebido que os usuários frequentes e ocasionais se encontram mais insatisfeitos do que os usuários raros. Usuários que utilizam o TPU raramente são mais satisfeitos em relação a lotação dos ônibus do que usuários mais frequentes.

Por fim, os usuários das três diferentes categorias de frequência de uso apresentaram boa satisfação quanto a segurança pública e viária, cordialidade dos funcionários e habilidade de direção.

Irtema *et al.* (2018) apontam que o envolvimento ativo dos usuários ao sistema de TPU pode fazer com que os passageiros percebam um serviço de qualidade superior, sendo mais propensos a continuar utilizando o serviço e também a promover-lo a terceiros.

O teste qui-quadrado, demonstrou uma associação com nível de significância de 0,05 para as variáveis frequência e tarifa e, a um nível mais baixo ( $\alpha=0,1$ ), a existência de cobertura e o tempo de viagem, também se mostraram relevante. Novamente, níveis de associação significantes não afirmam que as variáveis irão compor o modelo de regressão posterior, que inclui a análise conjunta das variáveis.

A Tabela 4.9 faz referência a distribuição da amostra em relação as variáveis do ambiente construído e segurança. Somente a acessibilidade ao ponto de ônibus foi categorizada, pois a literatura recomenda fortemente o limite em que os usuários estão dispostos a caminhar até uma parada de ônibus mais próxima. As demais variáveis foram utilizadas como contínuas, como são representadas também na literatura, na maioria dos casos. Assim, para a variável categórica é apresentado a contagem de casos (n) e a frequência (%) e, para as variáveis contínuas, a média ( $\bar{X}$ ) e o desvio padrão (DP).

Tabela 4.9 - Análise descritiva das variáveis do ambiente construído

Variáveis	Descrição	ID	Uso frequente (n=170)		Uso ocasional (n=49)		Uso raro (n=55)	
			n/X	%/DP	n/X	%/DP	n/X	%/DP
<i>Ambiente construído</i>								
23 Acessibilidade ao ponto de ônibus	< 300m (boa)	1	150	88%	42	86%	51	93%
	300 - 500m (regular)	2	17	10%	4	8%	3	5%
	>500m (ruim)	3	3	2%	3	6%	1	2%
24 Densidade populacional	habitantes/ha		56,72	44,11	65,74	43,43	62,10	39,41
25 Distância ao centro comercial	km		3,09	1,53	3,15	1,66	2,56	1,53
26 Quantidade de linhas de ônibus	contagem		17,52	12,68	18,04	10,97	17,55	13,22
27 Oportunidade ao ensino básico, fundamental e médio	km		0,67	0,35	0,65	0,42	0,64	0,28
28 Oportunidade ao ensino superior	km		3,54	1,47	3,53	1,59	2,90	1,45
29 Oportunidade ao supermercado	km		0,31	0,27	0,23	0,27	0,31	0,32
30 Oportunidade ao banco	km		2,61	1,54	2,69	1,65	1,97	1,59
31 Oportunidade a saúde	km		0,98	0,75	1,08	0,87	0,87	0,56
32 Oportunidade ao lazer e esporte	km		1,38	0,96	1,15	0,91	1,03	0,58
<i>Segurança</i>								
33 Segurança pública	contagem		112,40	160,00	107,40	108,40	129,30	148,10
34 Segurança viária	contagem		9,02	12,94	6,45	8,20	8,31	12,58

Como já era esperado, a maioria dos usuários possuem boa acessibilidade ao TPU. A densidade populacional dos usuários com diferentes níveis de frequência de uso, e também a quantidade de linhas disponíveis, não se modifica de forma significativa. A distância média dos usuários ocasionais ao CBD é relativamente menor que dos usuários ocasionais e frequentes. Em relação ao ensino superior, os usuários raros possuem uma distância média menor que os frequentes e ocasionais. O mesmo ocorre com a oportunidade à serviços de banco. Em relação a saúde os usuários ocasionais se encontram a uma distância média maior, quando comparado as demais frequências de uso.

Por fim, em relação aos aspectos de segurança, é percebido que usuário ocasionais, em média, convivem com um número menor de criminalidade e acidentes viários em torno da residência.

Para as variáveis contínuas, no desenvolvimento do modelo, é realizada a correlação entre elas e, se verificado forte correlação, será analisado a necessidade de exclusão.

## 4.8 Aplicação da Regressão Logística Multinomial

### 4.8.1 Seleção das variáveis e parâmetros de ajuste

Uma das primeiras etapas para selecionar as variáveis influentes para compor um modelo de regressão é a verificação da correlação entre as variáveis independentes. O teste de correlação é feito inicialmente para demonstrar se as variáveis estão fortemente correlacionadas, sendo passíveis de eliminação posterior, mediante a verificação de colinearidade por meio do teste de regressão linear. A regressão linear é utilizada somente para verificar o valor de VIF (fator de inflação da variância, do inglês: *Variance Inflation Factor*) que é o parâmetro utilizado para analisar a colinearidade entre as variáveis independentes.

Assim, foi realizado o teste de correlação para as variáveis consideradas contínuas. A Tabela 4.10 representa as variáveis que apresentaram alta taxa de correlação, baseado no coeficiente de correlação de Pearson maior que 0,7.

Tabela 4.10 - Correlação entre as variáveis independentes contínuas

<b>Variáveis independentes</b>	<b>Coef. de correlação de Pearson</b>
Acidentes viários e criminalidade	0,80
Distancia ao CBD e OP ensino superior	0,99
Distancia ao CBD e OP bancos	0,99
Distancia ao CBD e OP saúde	0,76
OP bancos e OP ensino superior	0,99
OP saúde e OP ensino superior	0,76
OP saúde e OP bancos	0,75

É percebido que as variáveis do ambiente construído que medem a distância a locais potenciais de atração de viagem, como o acesso a oportunidades e ao centro comercial, se apresentaram fortemente correlacionados, além das ocorrências de acidentes viários e crimes. Em seguida, a Tabela 4.11 apresenta os valores de VIF das variáveis independentes, e foi considerado um valor aceitável menor que 5.

Foi verificado um valor VIF bem acima do proposto nas variáveis distância ao CBD, oportunidade a bancos e ensino superior, com valores de aproximados de 160. Foram realizados testes com a retirada de uma a uma dessa variáveis. Ao excluir as variáveis de oportunidade a banco e oportunidade ao ensino superior, a distância ao CBD apresentou um valor de VIF de 4,710. Optou-se então por excluir as variáveis descritas e mantes a distância ao CBD, pela importância demonstrada dessa variável nos estudos da literatura.



Tabela 4.11 - Valores de VIF das variáveis independentes

Variáveis independentes	VIF inicial	VIF ajustado
<i>Socioeconômica</i>		
1 Gênero	1,316	1,305
2 Faixa etária	1,729	1,684
3 Escolaridade	1,571	1,566
4 Ocupação	1,756	1,739
5 Tipo de pagamento	1,311	1,305
6 Renda domiciliar mensal	1,350	1,325
7 Posse de automóvel	1,324	1,291
8 Posse de bicicleta	1,182	1,175
<i>Modo de viagem</i>		
9 Trabalho	2,044	2,039
10 Estudo	1,741	1,697
11 Atividades rotineiras	1,606	1,586
<i>Nível de satisfação</i>		
12 Existência de cobertura	1,332	1,325
13 Informação (pontos)	1,398	1,396
14 Tempo de viagem	1,523	1,491
15 Frequência	1,450	1,442
16 Pontualidade	1,523	1,490
17 Lotação	1,663	1,632
18 Segurança Pública	1,460	1,452
19 Segurança viária	1,547	1,524
20 Tarifa	1,415	1,415
21 Cordialidade dos funcionários	2,071	2,071
22 Habilidade de direção	1,787	1,773
<i>Ambiente construído</i>		
23 Acessibilidade ao ponto de ônibus	1,293	1,280
24 Densidade populacional	1,492	1,491
25 Distância ao CBD	<b>159,965</b>	<b>4,710</b>
26 Quantidade de linhas TPU	3,705	3,067
27 Oportunidade ao ensino BFM	3,641	3,403
28 Oportunidade ao ensino superior	<b>160,442</b>	-
29 Oportunidade ao supermercado	2,033	1,955
30 Oportunidade ao banco	<b>160,930</b>	-
31 Oportunidade a saúde	<b>6,105</b>	-
32 Oportunidade ao lazer e esporte	4,967	3,774
<i>Segurança</i>		
33 Criminalidade	3,809	3,655
34 Acidentes viários envolvendo ciclistas e pedestres	<b>8,443</b>	-

As variáveis de oportunidade a saúde e ocorrências de acidentes viários também apresentaram um VIF superior a 5, sendo o valor de 6,105 e 8,443, respectivamente, e essas variáveis foram eliminadas. Assim, foi garantido o ajuste do modelo em relação ao VIF de

todas as demais variáveis, descartando a presença de multicolinearidade entre as variáveis independentes.

Devido a quantidade de variáveis ainda presente na análise, torna a aplicação da regressão é muito complexa e, diante do teste da RLM (Regressão Logística Multinomial) com todas as variáveis, é percebido que muitas não demonstram influencia na variável dependente, o que dificulta a compreensão da significância das variáveis e o ajuste do modelo. Os métodos computacionais *stepwise*, auxiliam na seleção de um modelo com variáveis adequadas, visto que a avaliação de todas as possibilidades em um conjunto grande de variáveis é inviável. Assim, para este estudo, foi utilizado o método “*stepwise backward*” para auxiliar na seleção das variáveis e o índice de Akaike (AIC) foi utilizado para avaliar o ajuste do modelo, sendo preferido um menor valor de AIC, possibilitando comparar o ajuste da regressão em relação a cada variável eliminada. Assim, é possível realizar testes com essas variáveis para confirmar se realmente não são significativas para a frequência de uso, eliminando inicialmente a variável com maior p-valor, é comparado o AIC com o do modelo anterior, se o valor diminui, ou seja, melhora o ajuste, a variável é eliminada. O processo continua, uma a uma variável, até não haver mais variáveis a serem excluídas ou quando o AIC não melhorar de forma significativa.

Porém, é observado que este método não considerou variáveis relevantes na literatura, como a renda domiciliar, escolaridade e tipo de ocupação dos viajantes. Assim, como essas variáveis foram sugeridas para serem eliminadas do modelo, porém se mostraram relevantes e o ajuste não foi prejudicado significativamente, optou-se por manter essas variáveis na RLM. Ressalta-se que a amostra é homogênea para essas variáveis, considerando que podem apresentar um viés devido a presença de poucos usuários de renda acima de 3 salários mínimos e de escolaridade abaixo do ensino médio e, também, que a ocupação tem predomínio dos trabalhadores e estudantes. Os critérios de informação de Akaike (AIC) obtidos com a eliminação das variáveis propostas foram descritos na Tabela 4.12.

É percebido que, com a inserção de todas as variáveis, o ajuste do modelo inicial era de 313,44, com a redução das variáveis pertinentes, o ajuste do modelo final selecionado para a análise, foi de 279,41, sendo considerado um bom ajuste, pois com a redução de mais alguma variável o valor do AIC não altera de forma significativa.

Tabela 4.12 - Variáveis eliminadas pelo critério de informação de Akaike

<b>Variáveis</b>	<b>AIC</b>
24 Densidade populacional	309,79
32 Oportunidade ao lazer e esporte	307,06
15 Frequência	302,39
27 Oportunidade ao ensino BFM	300,07
33 Criminalidade	298,24
19 Segurança viária	294,76
22 Habilidade de direção	291,16
17 Lotação	287,47
11 Atividades rotineiras	285,71
26 Quantidade de linhas TPU	285,10
14 Tempo de viagem	284,32
13 Informação (pontos)	283,44
21 Cordialidade dos funcionários	280,99
18 Segurança Pública	280,06
8 Posse de bicicleta	279,83
12 Existência de cobertura	279,41

As variáveis mantidas foram: gênero, faixa etária, escolaridade, renda domiciliar, distância ao CBD, ocupação, pagamento, pontualidade, tarifa, posse de automóvel, TPU como modo de viagem principal para trabalho e estudo, oportunidade a supermercado e acessibilidade ao TPU.

De posse das variáveis relevantes no estudo, a RLM foi então desenvolvida e selecionada a opção logit, que fornece a interpretação mais natural dos coeficientes estimados. Diversos resultados são gerados pelo software e são apresentados e interpretados a seguir. Primeiro, foi verificado se o modelo representa melhor a variável dependente do que um modelo considerado nulo, ou seja, se ele prevê melhor com a inserção das variáveis independentes sugeridas do que se o modelo contivesse apenas o intercepto. O resultado é apresentado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Teste de razão de verossimilhança

Modelo	Critérios de ajuste do modelo		Testes de razão de verossimilhança	
	AIC	Verossimilhança de log -2	Qui-quadrado	Sig.
Somente intercepto	511,618	507,618		
Final	279,410	179,410	328,207	,000

Por meio do teste da razão de verossimilhança, é possível observar o valor de significância do modelo selecionado, sendo o valor resultante igual a 0, menor que o nível de

significância sugerido de 0,05. Assim, rejeitamos a hipótese de que o modelo somente com o intercepto prevê melhor a frequência de uso do TPU, ou seja, o modelo fornecido é mais significativo.

Outra verificação que compete a análise da regressão proposta é o teste de aderência *Goodness-of-fit* medidos pelos métodos de Pearson e *deviance*. Segundo Abreu *et al.* (2009), estes testes são os mais usuais para medir a qualidade de ajuste em modelos multivariados. Os autores direcionam que um p-valor significativo, ou seja, menor que o nível de significância proposto, pode-se concluir falta de ajuste do modelo aos dados avaliados. Os resultados obtidos para nosso estudo foram dados pela Tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Resultado do teste *Goodness-of-fit*

	<b>Qui-quadrado</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>p-valor</b>
Pearson	430,755	498	0,987
Deviance	182,312	498	1,000

Pela verificação de p-valor  $> 0,05$  em ambos os testes, podemos afirmar que o modelo está adequado aos dados. Ou seja, é aceito a hipótese nula de que não podemos afirmar que existem diferenças entre os valores preditos e observados.

A verificação do quanto da variação dos dados estão sendo explicados é dada de forma semelhante ao  $R^2$  da regressão linear, em que índices como de Cox e Snell, Nagelkerke e McFadden foram propostos para tentar explicar o ajuste da regressão multivariada e foram descritos como Pseudo- $R^2$ . Os resultados encontrados foram os apresentados na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Pseudo R quadrado

<b>Índices</b>	<b>Pseudo-<math>R^2</math></b>
Cox e Snell	0,698
Nagelkerke	0,828
McFadden	0,647

A nível de interpretação, utilizamos o índice de Nagelkerke, que é ajustado entre os valores 0 e 1, facilitando o entendimento, porém é de importante destaque que a interpretação desse não ocorre de forma idêntica a interpretação do  $R^2$ . Contudo, para compreender a importância obtidas das variáveis independentes, podemos dizer que o valor identificado de 0,828, é suficiente para afirmar que o modelo considerado explica bem a variação dos dados,

ou seja, o valor encontra-se próximo suficiente de 1, indicando que a variação da frequência de uso pode ser explicada pelos regressores propostos.

Por fim, outra análise relevante é sobre a tabela de classificação fornecida pelo software para análise, que prevê os mesmos dados que geraram o modelo de RLM proposto, analisando se a categoria real está de acordo com a categoria inserida ou não. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Classificação da frequência de uso do TPU

<b>Observado</b>	<b>Previsto</b>			Porcentagem Correta
	Frequente	Ocasional	Raro	
Frequente	163	5	2	95,9%
Ocasional	6	33	10	67,3%
Raro	3	8	44	80,0%
Porcentagem global	62,8%	16,8%	20,4%	87,6%

Verifica-se que o modelo acertou suas predições em 87,6% das vezes, sendo possível confirmar que o modelo tem um bom desempenho preditivo, porque os valores encontrados são próximos a realidade dos dados utilizados para o seu desenvolvimento, com um maior acerto nas pessoas que usariam frequentemente o ônibus, sendo possível que suas características estejam melhores definidas.

#### 4.8.2 Variáveis significativas na análise de Regressão Logística Multinomial

As referências utilizadas para interpretação das variáveis independentes categóricas seguiram a ordem de configuração proposta pelo software SPSS. Assim, as categorias de referência utilizadas para a apresentação dos parâmetros foram descritas na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Categorias de referência para variáveis categóricas

<b>Variável</b>	<b>Categoria de referência</b>
Gênero	Masculino
Faixa etária	De 36-59 anos
Escolaridade	Ensino superior
Renda	Até 1 salário mínimo
Ocupação	Trabalhador
Tipo de pagamento	Vale-transporte/estudante
Níveis de satisfação	Satisfeito
Acessibilidade	Péssima

Para a variável dependente a referência utilizada foi a categoria de usuários frequentes.

A seguir é apresentado, por meio da Tabela 4.18, as variáveis que se mostraram significantes para explicar a frequência de uso do TPU, sendo apresentados os valores B1 (coeficiente de regressão), EP B1 (Erro padrão do coeficiente), Z (teste de Wald) e P-valor (nível de significância), tais valores são referentes a categoria de uso ocasional em relação a categoria de uso frequente. De modo semelhante, os coeficientes B2, EP2, Z e P-valor, são apresentados para a regressão que compara a categoria de uso raro com a categoria de uso frequente.

Tabela 4.18 - Regressão logística multinomial com os resultados significativos em negrito

	Uso ocasional				Uso raro			
	B1	EP B1	Z	p-valor	B2	EP B2	Z	p-valor
Constante	-4,21	3,23	1,70	0,19	-10,02	3,78	7,04	0,01
Gênero feminino	-0,51	0,75	0,45	0,50	-2,03	0,92	4,88	<b>0,03**</b>
Faixa etária (15-19)	3,67	1,71	4,62	<b>0,03**</b>	1,91	1,91	1,01	0,32
Faixa etária (20-35)	3,74	1,29	8,44	<b>0,00***</b>	3,43	1,38	6,14	<b>0,01***</b>
Escolaridade (ensino médio)	-1,59	0,94	2,88	<b>0,09*</b>	-0,18	1,09	0,03	0,87
Renda Domiciliar (>R\$2.995,00)	-3,24	1,17	7,68	<b>0,01***</b>	-2,07	1,33	2,41	0,12
Ocupação (aposentado)	-0,39	1,95	0,04	0,84	-4,55	2,24	4,11	<b>0,04**</b>
Ocupação (desempregado)	-1,30	1,22	1,13	0,29	-2,43	1,41	2,98	<b>0,08*</b>
Ocupação (estudante)	1,48	1,20	1,51	0,22	2,71	1,45	3,51	<b>0,06*</b>
Pagamento (comum)	7,07	1,48	22,78	<b>0,00***</b>	8,17	1,74	21,99	<b>0,00***</b>
Pagamento (gratuito)	7,68	2,36	10,61	<b>0,00***</b>	10,97	2,73	16,19	<b>0,00***</b>
Automóvel/motocicleta	2,28	0,83	7,59	<b>0,01***</b>	3,57	0,93	14,72	<b>0,00***</b>
TPU para trabalho	-5,26	1,16	20,65	<b>0,00***</b>	-7,37	1,45	25,68	<b>0,00***</b>
TPU para estudo	-6,19	1,45	18,29	<b>0,00***</b>	-10,30	2,56	16,24	<b>0,00***</b>
Pontualidade (neutro)	2,29	1,10	4,34	<b>0,04**</b>	3,93	1,29	9,27	<b>0,00***</b>
Tarifa (insatisfeito)	5,94	2,06	8,31	<b>0,00***</b>	6,43	2,15	8,93	<b>0,00***</b>
Tarifa (neutro)	7,39	2,29	10,42	<b>0,00***</b>	9,01	2,39	14,22	<b>0,00***</b>
Acessibilidade (boa)	-6,07	2,55	5,68	<b>0,02**</b>	-3,78	2,75	1,89	0,17
Acessibilidade (regular)	-8,29	3,01	7,59	<b>0,01***</b>	-6,69	3,27	4,19	<b>0,04**</b>
Distância ao CBD	-0,17	0,22	0,63	0,43	-0,52	0,27	3,62	<b>0,06*</b>
OP supermercados	2,26	1,36	2,73	0,10	6,02	1,78	11,41	<b>0,00***</b>

\*Nível de significância 0,1; \*\*Nível de significância 0,05; \*\*\*Nível de significância 0,001

Por meio dos resultados apresentado na Tabela 4.18 acima, é possível identificar as variáveis influentes na frequência de uso do TPU, com o respectivo nível de significância (em negrito). O gênero feminino é mais propenso a utilizar o TPU frequentemente do que os homens, quando comparado a categoria de uso do TPU de forma rara.

Em relação a faixa etária, é percebido que os usuários mais novos, de 15 a 19 anos, preferem o uso do TPU de modo mais ocasional do que usuários mais velhos, na faixa etária de 36 a 59 anos. O mesmo ocorre com a faixa etária de 20 a 35 anos, que preferem de forma bastante significativa ( $p\text{-valor}<0,01$ ), o uso ocasional e raro, quando comparado com os mais velhos. A escolaridade de ensino médio, apesar de apresentar um nível de significância baixo ( $p\text{-valor}<0,1$ ), é mais propensa ao uso do TPU de modo ocasional do que frequente, quando comparado aos que cursam ou possuem ensino superior. Em relação a renda domiciliar mensal, usuários que afirmam ter uma renda maior que 3 salários mínimos são mais propensos a utilizarem o TPU de forma frequente do que ocasional, quando comparado aos usuários que possuem renda mensal de até 1 salário mínimo. Esse fato pode se dar por usuários de renda muito baixa preferirem o uso de modos de transporte ativo, por exemplo, para seus deslocamentos, visto que é possível que os mesmos não possam arcar com um uso do TPU de forma frequente, devido aos custos do transporte.

Os estudantes tendem a escolher o uso do TPU de forma mais rara, quando comparado aos trabalhadores. Já uma verificação interessante sobre os aposentados e desempregados, mostra que, em relação aos trabalhadores, eles tendem a escolher o TPU de modo mais frequente do que raramente. Parte desse comportamento pode se justificar pelo fato de que trabalhadores podem estar propensos a diminuir o uso do ônibus como o principal modo de locomoção para ir ao trabalho, preferindo outros modos de deslocamento. Já os aposentados e desempregados, podem não preferir outros modos de transporte, tanto por não possuir veículo ou por não querer dirigir, tendendo assim a utilizar o TPU para todos os seus deslocamentos, resultando em uma escolha de frequência de uso mais alta. Isso é interessante, pelo fato de pessoas que tem ocupação como trabalhadores possam não estar preferindo o ônibus para este deslocamento, sendo assim, são usuários que devem ser cativados ao uso do TPU para essa atividade. Porém, é válido destacar que o nível de significância é baixo ( $p\text{-valor}<0,1$ ) com o qual os desempregados escolherem utilizar o TPU com mais frequência do que os trabalhadores, quando comparado a categoria raramente. Já para os aposentados, destaca-se também que tiveram pouco representatividade na amostra, podendo representar um viés nos dados.

Os usuários que pagam a passagem de ônibus por meio do pagamento comum (valor total da passagem) ou gratuito, estão mais propensos a utilizar o TPU de forma menos frequente que os usuários que realizam o pagamento por vale transporte ou vale estudante, caracterizando meia passagem. Assim, pode-se considerar que usuários que pagam metade da passagem são mais propensos a utilizar o TPU com maior frequência de forma bastante significativa. É importante observar que o pagamento gratuito é referente a pessoas acima de 65 anos.

Em relação a posse de automóvel e/ou motocicleta na residência, indica que os usuários tendem a utilizar o ônibus com menos frequência. Em ambas categorias, o nível de significância é menor que 0,01, e a razão de chances para quem possui veículo na residência utilizar o ônibus de forma mais ocasional do que frequente é de 9,8 vezes maior, esse valor aumenta para 35,5 vezes, a chance de usar de forma mais rara do que frequente.

O uso do TPU como modo de viagem para realizar atividades a trabalho e estudo, apresenta-se significativo ( $p\text{-valor} < 0,01$ ) com ambos com os coeficientes negativos em relação a frequência de uso ocasional e rara, o que indica que a prática que dessas atividades usando o TPU tende ao uso do TPU frequentemente. Essa verificação se deu com um alto valor da razão de chances, indicando que, quem usa o TPU para trabalho e estudo, a chance de utilizar com menor frequência é baixa.

Em relação ao nível de satisfação, somente as variáveis pontualidade e tarifa se mostraram relevantes. Para a pontualidade, quando os usuários se apresentam neutros, tendem a utilizar o TPU com menor frequência, em ambas categorias, com um valor mais significativa ( $p\text{-valor} < 0,01$ ) em relação a categoria de uso raro. Já para a tarifa, usuários que se mostraram insatisfeitos ou neutros tendem ao uso do TPU com menor frequência, em ambas as categorias e de forma bastante significativa ( $p\text{-valor} < 0,01$ ). Tendo ainda que, a razão de chance de uma pessoa insatisfeita ou neutra com o valor da passagem preferir o uso do TPU de forma frequente é baixa.

Quanto a acessibilidade, pode-se considerar que os usuários que estão entre 300 e 500 metros de um ponto de ônibus são mais propensos a utilizar o TPU de forma frequente do que os usuários que estão a uma distância maior do que 500 metros, considerando que a chance de usuários com péssima acessibilidade preferir o uso do TPU frequentemente é baixa. Também, os usuários que se encontram a menos de 300 metros de um ponto de ônibus, tendem a utilizar o ônibus de forma mais frequente do que ocasionalmente.

A localização dos usuários em relação ao CBD se mostrou significante ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) na frequência de uso, apresentando uma relação direta de quanto maior a distância maior a propensão de uso do TPU de forma frequente do que rara. Assim, a razão de chances pode ser interpretada por, a cada 1 km a mais o usuário se encontra distante do CBD a chance de usar o TPU frequentemente é 51,4 vezes maior do que utilizar de forma rara.

Por fim, em relação as oportunidades, somente a distância ao supermercado se mostrou relevante na frequência de uso, tendo uma relação interessante de que, quanto maior a distância de um supermercado maior a chance dos usuários preferirem o uso do TPU de forma menos frequente. Isso pode se dar ao fato de que a escolha pelo supermercado pode variar além do



requisito de distância, como por exemplo, preferência por outro supermercado, e também ao fato dos usuários preferirem não utilizar o ônibus para realizar compras em supermercados pelo peso das mercadorias, ou por aproveitarem viagens destinadas, a por exemplo, trabalho e estudo, e já realizarem as compras, não gerando viagem diretamente para esse destino.

As demais variáveis relacionadas ao ambiente construído não se mostraram relevantes no modelo, como também as variáveis relacionadas à segurança pública e viária. Os resultados apresentados por meio da análise de regressão logística foram discutidos na sessão seguinte.

## 5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

A fase de análise da representatividade das variáveis socioeconômicas e do modo de viagem para a amostra de dados coletada foi relevante para demonstrar o perfil dos usuários de TPU e, posteriormente, a influência dessas variáveis na análise da demanda pelo TPU, por meio da frequência de uso.

A coleta de dados realizada neste trabalho aponta que o perfil do usuário de TPU de Itajubá é, de modo geral, representado pelo uso de mais mulheres do que homens, pela faixa etária média de 20 a 59 anos, a maioria dos usuários possuem a ocupação como trabalho ou estudo, e possuem renda domiciliar mensal caracterizada por baixa ou média.

Dentre os motivos de escolha que levam os usuários a optarem pelo TPU se destacou a distância ao destino, o TPU sendo o único modo de transporte disponível, o clima (chuva, sol, frio ou calor) e por um menor desgaste físico do entrevistado, sendo apontados por 55%, 47%, 42% e 34% dos respondentes, respectivamente.

Em relação ao clima, Arana *et al.* (2014) avaliando grupos distintos de usuários de TPU, verificou que o aumento da temperatura indica um aumento nas viagens de ônibus. Tal fato pode ser justificado por usuários, por exemplo, de modos ativos, tendendo a preferir o uso do TPU quando ocorre aumento de temperatura. Em relação a longas distâncias, também foi um fator apontado por Han *et al.* (2018) como significativo na escolha pelo TPU.

Na análise do tempo de viagem para os deslocamentos a trabalho e a estudo dos entrevistados, foi observado que o TPU é o preferido para as viagens mais longas, com duração de mais de 30 minutos. E para viagens de 10 a 20 minutos o transporte ativo também é bastante utilizado. De modo semelhante, Ko *et al.* (2019) destacam em sua análise de escolha modal que, os entrevistados que se deslocam menos de 16,5 minutos tendem a confiar mais nos modos ativos de transporte e para viagens acima de 42 minutos o TPU é o preferido. Para Yang e Wang (2018) longas distâncias, faixa etária entre 18 e 35 anos e renda família mais baixa, são variáveis importantes que tende a escolha pelo modo de TPU, enquanto que a renda mais alta e posse de veículo na residência, tende a não escolha do TPU.

Em relação as variáveis socioeconômicas significativas apresentadas no modelo como influentes na frequência de uso, são discutidos trabalhos que reforçam os resultados obtidos, ou mesmo, que se contrapõem aos achados nesse estudo.

De forma semelhante ao resultado encontrado neste estudo, em que o gênero feminino sugere o uso do TPU com mais frequência, o estudo de Laverty *et al.* (2013), ao avaliar a

escolha pelo modo de transporte para o trabalho, conclui que o gênero feminino é significativamente mais propenso a utilizar o TPU para o deslocamento, como também é mais propenso a escolha de caminhada para trabalhar. E também, Ko *et al.*, (2019), avaliando a escolha pelo TPU ou carro particular para viagens de duração acima de 30 minutos, concluem que as mulheres tem mais propensão ao uso do TPU. No modelo estimado de regressão, os autores concluem que os homens têm 72% menos chance de escolher o TPU quando comparado com a escolha por veículo particular. Em concordância, os autores Truong e Somenahalli (2015) apontam que as mulheres idosas são mais propensas a utilizarem o TPU, tanto no uso do TPU de 1 a 2 vezes no mês, quanto no uso de maior frequência. Para Pitombo e Costa (2015) os homens têm maior propensão para o uso do automóvel ou motocicleta, enquanto que mulheres possuem maior tendência para uso do modo público ou não motorizado. Por fim, Badoe e Yendeti (2007) afirmam também que, em média, as mulheres realizam mais viagens utilizando o TPU do que os homens.

A posse de veículo motorizado (carro e motocicleta) também afeta o uso do TPU, que tende a ocorrer de forma menos frequente. De modo semelhante, He e Thøgersen (2017) ressaltam em seu trabalho que a posse de veículo afeta diretamente o uso do TPU, afirmando que, após um potencial proprietário (com expectativa de direção) efetuar a compra desse bem a tendência de uso do veículo não é influenciada pelo sistema de TPU, não importa o quão eficiente e conveniente seja. Os autores destacam a importância de que políticas públicas busque restringir a compra dos veículos e incentive o uso do TPU, antes da efetiva posse de veículo, em que a tendência de dirigir é inevitável. Como exemplos, os autores citam medidas rígidas que foram tomadas na China, que restringem o acesso a compra de veículos, e também outras medidas, menos rígidas, em diversas cidades ao redor do mundo, que buscam tornar o uso do carro menos atrativo. Dentre estas, destaca-se a redução da velocidade nas vias, acesso reduzido de carros ao centro da cidade e/ou o aumento nas proporções de vias direcionadas para caminhada e bicicletas, tais medidas podem afetar de forma mais direta o uso do carro, ou ainda ter o mesmo efeito que melhorias na qualidade do TPU.

Para Vij *et al.* (2013), o usuário de automóvel pode dificultar a mudança de escolha por modos alternativos, como usar uma bicicleta ou o TPU, por perceberem alguns “inconvenientes” associados a estes, como o estabelecimento de horários do TPU, diminuindo sua flexibilidade, e o carregamento de bagagem em bicicletas. A posse de motocicletas, que foi inserida juntamente a posse de veículo particular, apresenta o efeito próximo ao carro, porém conta ainda com a vantagem de menor custo. Conforme sugerido por Chiou *et al.* (2015), um aumento no custo de propriedade de motocicletas ou restrição no número de motocicletas por

residência pode favorecer uma mudança a favor do uso do TPU. Tembe *et al.* (2019), também destacam que a posse de motocicletas e carros particulares constituem uma opção alternativa ao uso do TPU, diminuindo sua probabilidade de uso, e reforça que isso tende a se tornar mais crítico quando o TPU não é adequado e, também, à medida que a renda familiar é aumentada. Para Badoe e Yendeti (2007), a posse de veículo na residência diminui a chances de adquirir um passe para TPU, e essa relação aumenta à medida que aumenta o número de veículos na residência. Mackett (2014) apontam que o número de famílias que possuem um o mais carros aumentou para todos os grupos de renda, especialmente para os grupos de renda mais baixa, sugerindo que as diferenças nos níveis de propriedade de automóveis entre os grupos de renda estão diminuindo. Por fim, Yang e Wang (2018) aponta que, em quatro modelos propostos de escolha de modo, os resultados foram os mesmos em relação a posse de carro na residência, sendo que os que possuem automóveis são mais propensos a transferir o uso de outros modos de caminhada, TPU e bicicleta motorizada para o carro.

Em relação ao tipo de pagamento, os usuários que pagam o valor total da passagem ou que recebem gratuidade (acima de 65 anos) tendem a utilizar o ônibus com menos frequência do que usuários que pagam meia passagem, ou seja, vale transporte ou vale estudante. O incentivo ao uso do TPU por meio do pagamento de um valor mais acessível é de grande contribuição para o aumento na demanda. Arana *et al.* (2014) relatam uma situação interessante que ilustra esse incentivo, onde uma operadora de ônibus, na Espanha, utilizam um cartão inteligente que oferece um desconto cada vez maior ao usuário, à medida que o uso do TPU se torna mais frequente, por exemplo, ao completar 70 viagens o custo pode ser reduzido a um valor aproximado de 16% do valor da passagem comum.

É verificado também a propensão dos usuários de faixa etária maior, entre 35 e 59 anos, utilizarem o TPU de forma mais frequente que usuários mais novos. Yang e Wang (2018) em sua análise preferência pelo uso do TPU, vai de encontro ao resultado desse estudo, em que propõem que os usuários escolhem o TPU tem entre 18 e 35 anos, renda anual familiar considerada baixa e viajam para longas distâncias. Os autores discutem que usuários nessa faixa etária possuem uma renda média familiar considerada baixa e aponta que se a renda aumentar, a tendência é que ocorra transferências do modo de TPU para o automóvel.

Em relação aos aposentados que apresentaram maior propensão a escolha do TPU com frequência do que de modo ocasional, vai de encontro com estudos, principalmente europeus, em que os idosos utilizam bastante os ônibus. O TPU tem um papel crucial na manutenção do estilo de vida de idosos, cada vez mais ativos que as gerações anteriores, sendo o TPU urbano importante para essa categoria, para a qualidade de vida, senso de liberdade e independência,

principalmente quando não conseguem dirigir (SHRESTHA *et al.*, 2017). Uma pesquisa Alemã, na cidade de Deutschland, constatou que a medida que as pessoas vêm envelhecendo começam a caminhar mais, dirigir menos e utilizar mais o TPU. Desde os 55, é observado que esse comportamento começa a aumentar, sendo que o TPU é o preferido para aqueles com 75 anos ou mais (MiD, 2018). A mobilidade das pessoas mais velhas pode, portanto, ser fortemente dependente da oferta e da qualidade dos serviços de TPU (SHRESTHA *et al.*, 2017).

A maioria dos estudos são coniventes que usuários de renda mais baixa são mais propensos ao uso do TPU como Chakrabarti (2017) e Yang e Wang (2018), esse resultado foi encontrado na amostra desse estudo, porém, ao avaliar a frequência de uso do TPU, os usuários de renda acima de 3 salários mínimos, quando optam pelo uso do TPU, se propõe ao uso mais frequente do que ocasional, quando comparado aos usuários de renda até 1 salário mínimo. Isso pode indicar que o TPU não está acessível em relação a custos, aos usuários de baixa renda. Para Rosa (2006) o aumento da tarifa pode ocasionar em exclusão dos indivíduos de renda mais baixa ou daqueles que não recebem o benefício do vale transporte. É importante destacar, pelas dimensões do município, que andar de bicicleta, por exemplo, é bastante acessível, e que usuários de baixa renda podem preferir esse modo de transporte. A distância ao CBD do usuário mais distante foi próxima a 6 quilômetros, então, pode-se dizer que é uma distância acessível para o uso de bicicletas. Zang *et al.* (2014) apontam que passageiros de curtas distâncias que utilizam o TPU são mais propensos ao uso de bicicletas.

A análise do nível de satisfação trata da qualidade apresentada pelo TPU, que, por meio da revisão da literatura apresentada, demonstra que não há um consenso em quais indicadores devem ser avaliados, mudando de acordo com o contexto e objeto de estudo (DE OÑA E DE OÑA, 2015). Para esse trabalho foi considerado os indicadores mais importantes para Itajubá. É sabido que a compreensão da percepção dos usuários em relação a indicadores de qualidade do TPU é de extrema relevância, visando apontar os principais déficits do sistema e os atributos que são satisfatórios pelos usuários. Dentre os indicadores mais representativos encontrados nesse estudo em relação ao nível de satisfação, se destaca a tarifa e frequência do ônibus como os com menores índices de satisfação, seguidos das características dos pontos de ônibus. Os indicadores que mais satisfazem as perspectivas dos usuários são características relacionadas aos funcionários prestadores do serviço de TPU e características relativas à segurança pública e viária.

Relacionar as variáveis de nível de satisfação com a demanda do TPU é importante e sua contribuição na análise da escolha pela frequência de uso do TPU foi pouco explorada. Porém, é notório que a percepção dos modos de transporte, com variáveis latentes, tem sido

significativa na análise de escolha de modo (SARKAR e MALLIKARJUNA, 2017). No modelo desenvolvido, duas variáveis de nível de satisfação foram consideradas significativas na frequência de uso. Os resultados demonstram que, quanto maior a insatisfação ou a neutralidade em relação a tarifa e a pontualidade do ônibus, a tendência é que o uso do TPU ocorra com menor frequência.

Para Diez-Mesa *et al.* (2016) uma boa percepção de custo, faz com que usuários, mesmo que de renda mais alta, sejam atraídos para o uso do metrô. A tarifa também se mostra relevante em diversos estudos de qualidade do TPU, como Maraglino *et al.* (2014), Noor *et al.* (2014), Birago *et al.* (2017) e Barcelos *et al.* (2017). No Brasil, a Lei de Concessão presume a prestação de serviço de forma adequada e evidência a necessidade de modicidade da tarifa (BRASIL, 1995). Uma das possíveis medidas de intervenção é o fornecimento de subsídios governamentais, com o intuito de auxiliar nos gastos do transporte como ocorre, por exemplo, em Praga, Turim e Varsóvia, na Europa, que tem respectivamente 74%, 68% e 60% dos custos pagos por subsídios do governo (IPEA, 2013). Em São Paulo, com um dos maiores subsídios governamentais no Brasil, apenas 20% dos custos são subsidiados, o que reforça a necessidade de auxílio do governo para incentivo ao uso do TPU por meio da tarifa. Por fim, Boisjoly *et al.* (2018), ao avaliarem os determinantes na demanda pelo TPU, apontam que a tarifa esta significativamente associada a diminuição no número de passageiros, descrevendo que um aumento 10% na tarifa pode levar a uma redução de 2,19% no número de passageiros.

Já em relação a confiabilidade no sistema de TPU, a pontualidade se mostrou relevante na frequência de uso, sendo que a satisfação com o cumprimento adequado dos horários pré-estabelecidos é importante para que o uso do TPU seja de maneira mais frequente. Esse requisito é ainda mais importante para usuários que utilizam o TPU para atividades de trabalho e estudo em que, na maioria das vezes, é necessário cumprir um horário programado, e a falta dessa confiabilidade no sistema de TPU pode acarretar a uma mudança na escolha pelo modo de transporte. Santos (2019) destaca que requisitos de confiabilidade, que inclui a pontualidade, são também previstos na Lei brasileira, uma vez que a lei de concessão exige que o serviço seja prestado de forma contínua e eficiente.

A análise das variáveis do ambiente construído e da segurança foram importantes para verificar fatores, por vezes, não considerados em análises do uso do TPU e que poderiam ser relevantes para uma melhor compreensão da demanda.

Em especial a acessibilidade, se mostrou influente na análise final e é apresentada em diversos trabalhos como fundamental no incentivo ao uso do TPU (LANGFORD *et al.*, 2012; TRIBBY e ZANDBERGEN, 2012; GARCÍA-PALOMARES E GUTIÉRREZ, 2013; CHEN *et*

*al.*, 2016; SARKER *et al.*, 2018). O resultado aponta que, o acesso ao ponto de ônibus de até 500 metros tende ao uso do TPU com maior frequência.

Langford *et al.* (2012), em seu estudo no Reino Unido, apontam boa acessibilidade para o acesso ao TPU e não destacam associações fortes com medidas potenciais de exclusão social, destacando ainda evidências de que áreas carentes dentro da cidade são, na verdade, melhor atendidas em termos de oferta de oportunidades de TPU do que algumas áreas ricas. Porém, isso pode variar entre diferentes regiões e os autores salientam que esses resultados contrastam com estudos anteriores que encontraram disparidades entre a oferta de transporte e as necessidades sociais.

Já para a Itajubá, foi notório que a acessibilidade é considerada boa e regular para a grande maioria dos casos, o que pode ser um indicativo de boa distribuição dos pontos de ônibus nas diferentes regiões que compreende o perímetro urbano na cidade, sendo importante analisar os usuários que se mostraram com péssima acessibilidade e verificar a provisão do serviço na região destes usuários. Chiou *et al.* (2015), aponta em seu estudo que a taxa de utilização do TPU é mais elevada nas áreas centrais, que no geral são mais acessíveis aos serviços de TPU, porém que é importante analisar áreas remotas que podem ter passageiro cativos e em desvantagem social, econômica ou física, e que dependem do TPU.

A variável distância ao centro de negócios apresentou que, quanto maior a distância, maior a propensão em utilizar o TPU com mais frequência. Tembe *et al.* (2019) apresentam duas relações distintas ao avaliar duas importantes cidade em seu estudo, Nairobi e Maputo. Enquanto que a primeira remete ao uso mais baixo de TPU em áreas distantes do centro, devido principalmente à má qualidade de serviço nessas áreas e também pelas áreas centrais terem mais acesso, tanto ao ônibus como opções de *paratransit*, apresentando uma frequência mais alta do uso do TPU. Já para a segunda cidade, Maputo, a probabilidade de usar o ônibus, aumenta com a distância. Os autores afirmam que, parte disso pode se dar a diminuição de custo pelas rotas apresentadas nessa região, que seriam realizadas de forma mais direta e acessível aos moradores. Ou seja, a escolha pelo TPU pode variar também de acordo com a provisão de serviço de TPU nas áreas mais afastas do CBD e da necessidade de uso do TPU nas áreas centrais.

Em relação as variáveis do ambiente construído que não se mostraram relevantes foram a densidade populacional, os segmentos de linha e a maioria dos pontos de oportunidade. Thao e Ohnmacht (2019) em sua análise por modo de transporte obtém resultados que vão ao encontro com esses achado, concluindo que a densidade populacional e os pontos de interesse não tiveram impactos significativos nas frequências de viagem. Ko *et al.* (2019), apontam que,

a insignificância de variáveis pode, por vezes, ser atribuída ao método de medição dos indicadores, o que pode ter ocorrido com, por exemplo, a falta de informações sobre o uso do solo, que poderia acarretar em um importante resultado neste estudo.

Sobre a densidade populacional, Messenger e Ewing (2007) observaram que a relação entre densidade populacional e escolha do TPU pode não ser direta, mas é importante e frequentemente utilizada com um indicador em análises de necessidade de expansão do TPU.

Por fim, as variáveis desenvolvidas para medir a segurança do entorno da residência para acesso ao ponto de ônibus não se mostraram relevantes nesse estudo. Em concordância, a percepção dos usuários quanto a segurança pública e viária foi, no geral, satisfatória, sendo que estão entre os quatro indicadores mais bem avaliados. Assim, pode-se sugerir que a ocorrência desses fatores não afeta diretamente a escolha pelo TPU ou mesmo a escolha pela caminhada ou não até o ponto de ônibus. Delbosc e Currie (2012) apontam em seu estudo que morar em um bairro melhor resulta em menores sentimento de segurança no TPU e destacam a importância de pesquisas que busquem distinguir aspectos de segurança para diferentes bairros para compreender melhor a relação com o TPU.

Um fato recente, que já se mostrou influente na demanda do TPU, é a ocorrência da Pandemia COVID-19, que deve ser levada em consideração ao avaliar possíveis mudanças de comportamento da população em relação a escolha pelo modo de transporte. Trabalhos como De Vos (2020) e Chen *et al.* (2020) apontam que o TPU é visto de forma negativa diante da pandemia. Pawar *et al.* (2020) traz uma revisão sobre o tema e apontam o declínio na demanda do TPU com a pandemia, ocasionadas por medidas de isolamento, aumento de trabalho remoto, diminuição dos deslocamentos, menor satisfação em relação a capacidade e frequência do TPU que podem estar alteradas, risco percebido de infecção ao utilizar o TPU, entre outras causas que podem, inclusive, persistir mesmo após o afrouxamento das medidas de distanciamento.



## 6 CONCLUSÃO

Com o aumento constante da urbanização e a necessidade de planejamento estratégico da infraestrutura urbana, se faz necessário compreender os problemas associados a crescente demanda dos espaços urbanos para traçar estratégias de um desenvolvimento sustentável para as cidades. A identificação dos problemas relacionados ao setor de transporte e a busca por soluções para uma mobilidade urbana sustentável promete contribuir para este desenvolvimento, visto que as cidades enfrentam diversos problemas relacionados ao setor, como o aumento da poluição do ar, mortes e lesões no trânsito, congestionamento, restrições de mobilidade e exclusão social. A principal causa atribuída a estes problemas é o rápido crescimento de veículos particulares e os hábitos ainda favoráveis a este meio de transporte. Assim, se destaca a necessidade de incentivo ao uso de modos de transporte sustentáveis, como os transportes ativos de caminhada e bicicleta, e o Transporte Público Urbano (TPU), prioritário para as viagens a longas distâncias. Uma infraestrutura adequada que incentive o uso desses modos de transporte, incluindo a integração entre eles, pode contribuir para a diminuição do uso dos veículos particulares.

Em relação ao TPU, é notório uma diminuição constante da demanda, com exceção de alguns casos isolados de países desenvolvidos que melhoraram significativamente seu sistema de TPU, porém os resultados não são muito animadores, pois mesmo com sistemas adequados, não apresentaram uma melhoria significativa na demanda.

Contudo, a busca por melhorias nos serviços prestados ainda é uma das principais alternativas para incentivar o uso do TPU, principalmente nos países em desenvolvimento, em que estes serviços precisam ser melhorados de forma intensa na busca de tornar o TPU atrativo em relação ao uso de veículos particulares. Assim, a avaliação de fatores relevantes que influenciam na escolha pelo modo de transporte inclui, além de análises das características socioeconômicas, a identificação de variáveis latentes que capture a percepção dos indivíduos em relação a diferentes modos de transporte. Isso se faz relevante também na análise de demanda do TPU, onde não somente os custos e o tempo podem ser melhorados, mais também a perspectiva de usuários cativos em relação ao TPU. O incentivo a diferentes modos de transporte também tem sido verificado por meio da compreensão de características do ambiente construído e de aspectos de segurança que norteiam os modos de transporte disponíveis.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar como diversas variáveis, de aspecto socioeconômico, modo de viagem, percepção de qualidade, ambiente construído e segurança, influenciam na demanda do TPU, por meio da variável dependente frequência de uso.

A primeira etapa do trabalho, teve início na identificação de variáveis de potencial influência no uso do TPU que foi realizada por meio da verificação na literatura de estudos relacionados a escolha e demanda do TPU e, em seguida, foi iniciada a coleta de dados. Para a coleta das informações foi necessário a aplicação de questionário com usuários de TPU na cidade objeto de estudo que foi Itajubá, Minas Gerais. Essa primeira etapa constituiu a obtenção de dados referente a população, como: as características socioeconômicas; o modo de viagem principal para os deslocamentos a trabalho e estudo, incluindo o tempo de viagem; a frequência de uso do TPU; o endereço residencial do respondente; a seleção dos motivos pelos quais utiliza o TPU e, por fim, a pesquisa de nível de satisfação em relação a indicadores de qualidade do sistema de TPU. Foi necessário a realização de coleta de dados secundários para a obtenção das demais variáveis, que se restringiu a disponibilidade dos dados e as características inerentes ao objeto de estudo. Assim, os principais dados obtidos para o desenvolvimento das variáveis do ambiente construído e segurança foram: informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) quanto a população por setor demográfico; Informações de pesquisas anteriores que mapearam as ruas de Itajubá, as linhas e os pontos de ônibus; Informações do perímetro urbano e área de interesse comercial; Informações do 56º batalhão de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais sobre os boletins de ocorrências de crimes e acidentes viários; e ainda, coleta de dados por meio do Google Earth Pro e uso de SIG para localização de oportunidade de destino.

A segunda etapa foi marcada pelo desenvolvimento e pela representação das variáveis obtidas. Primeiro, com a verificação da disponibilidade dos dados, optou-se por fazer uso dos dados referentes ao perímetro urbano de Itajubá. Os endereços residenciais foram projetados (coordenada XY) em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Assim, com a identificação espacial dos usuários foram desenvolvidas as variáveis do ambiente construído, como: a acessibilidade ao ponto de ônibus; acesso a diferentes tipos de oportunidades, compondo o uso do solo; distância ao centro de negócios; densidade populacional; e, quantidade de linhas disponíveis. As ocorrências de crimes e acidentes viários também foram projetadas no SIG e foi verificado a quantidades de ocorrências no entorno das residências dos usuários.

O total de amostras obtidas para a análise foi de 274 usuários de TPU, em sua maioria representado pelo uso do TPU de forma frequente (62%). Os motivos que se apresentaram mais recorrentes para acarretar o uso do TPU foram a distância ao destino, o único modo de

transporte disponível, o clima e o menor desgaste físico. Razões como conforto, falta de calçadas e externalidades relacionadas ao transporte individual motorizado (como dificuldade de estacionar, preço de estacionamento e trânsito) foram pouco apontadas como motivadoras da escolha pelo TPU. Em relação ao tempo de viagem, o TPU é o preferido pelos usuários nas viagens acima de 20 minutos, com a maior taxa de uso nas viagens com mais de 30 minutos.

Em relação a qualidade percebida, os indicadores relacionados a fatores humanos, como a habilidade de direção dos motoristas e a cordialidade dos funcionários, e também relacionados à segurança, pública e viária, foram os mais bem avaliados. Já o nível de satisfação em relação a tarifa, frequência de uso e características dos pontos de ônibus foram os piores avaliados pelos usuários. Essa análise auxilia em uma melhor compreensão do usuário e no estabelecimento de estratégias e políticas mais efetivas, considerando o nível de satisfação de diferentes indicadores de qualidade.

Em relação ao ambiente construído as principais constatações foram: a maioria dos usuários possui boa acessibilidade ao ponto de ônibus, com 88,7% da amostra distante em até 300 metros de um ponto de ônibus; a distância a oportunidade de acesso ao ensino superior, bancos e lazer se mostraram mais longas, compreendendo a uma maior necessidade de uso de transporte motorizado; a maioria dos entrevistados estão a uma distância maior que dois quilômetros do centro de negócios; os usuários estão bem distribuídos em setores com diferentes densidades populacionais; e, por fim, a maior quantidade de linhas segmentas disponíveis, estão dispostas dentro da área central ou nas proximidades.

A terceira e última etapa do trabalho constituiu na obtenção de um modelo relevante que representasse a influência das variáveis desenvolvidas na frequência de uso do TPU, com o intuito de identificar fatores relevantes para incentivar o uso do TPU com maior frequência, e avaliar, também, os fatores que contribuem para uma menor utilidade do TPU. Inicialmente foi considerada 34 variáveis para inserção no modelo, porém como o modelo é complexo, várias das preditoras não se mostraram relevantes inicialmente, sendo necessária o ajuste do mesmo e a redução do número de variáveis. A multicolinearidade entre as variáveis independentes foi eliminada, e a redução das variáveis insignificantes foi realizada por meio do método “*stepwise backward*” que seleciona modelos relevantes de acordo com a sua significância na variável dependente e, após a comparação dos modelos em relação ao critério de Akaike, o modelo foi ajustado com as variáveis relevantes.

Os principais resultados encontrados que se relacionam ao uso do TPU com maior frequência, ou seja, de 3 a 7 dias na semana, foram: o uso do TPU como o principal modo de viagem para o trabalho e/ou estudo; possuir uma boa ou regular acessibilidade ao ponto de

ônibus (até 500 metros); e o fato de estar mais distante do centro comercial. Já as principais variáveis que tendem a ocasionar o uso do TPU de forma mais rara (no máximo, 3 vezes por mês), foram: a posse de veículo motorizado e, em menores proporções, a posse de bicicleta na residência; ser do gênero masculino; tipo de pagamento comum ou gratuito; ser estudante (em relação aos trabalhadores); estar insatisfeito ou neutro em relação ao valor da tarifa e a confiança na pontualidade dos ônibus; e, por fim, a maior distância ao supermercado. Em relação aos usuários que utilizam o ônibus de forma ocasional, ou seja, 1 ou 2 vezes na semana, as verificações foram as mesmas para o usuário de frequência rara, exceto pelo gênero, que não se mostrou significativo na escolha pelo uso do TPU de forma ocasional ou frequente, e também, o indicador pontualidade, só se mostrou relevante somente pelos usuários que se disseram neutro em relação ao nível de satisfação.

É importante comentar que esse trabalho não teve a intenção de desenvolver um modelo de demanda de TPU, o que deveria considerar a elasticidade da demanda de variáveis independentes, mas teve o intuito de estudar as variáveis que influenciam na frequência de uso do transporte por ônibus, usando variáveis distintas do uso do solo, segurança e socioeconômicas. Questões comportamentais estão intrínsecas nesse estudo que considera o nível de satisfação dos usuários com variáveis de qualidade percebida.

Assim, verifica-se que os objetivos propostos no trabalho foram cumpridos e as variáveis relevantes na frequência de uso foram identificadas. Os métodos utilizados ao decorrer do trabalho foram satisfatórios e destaca-se a importância de se considerar a percepção e características dos usuários para uma análise mais real do sistema de TPU, a fim de ressaltar características que são importantes do ponto de vista de quem utiliza o modo de transporte. A análise de regressão proposta foi satisfatória, permitindo identificar os fatores que são significativos na escolha pela frequência de uso do TPU. Diante da complexidade do modelo proposto, o método de análise permitiu o uso de variáveis métricas e não métrica, estimação de probabilidade de ocorrências e o fornecimento de um conhecimento adequado do fenômeno em estudo, com parâmetros bem ajustados.

O trabalho contribui no direcionamento do poder público e da empresa prestadora do serviço na identificação de fatores que possam auxiliar na melhoria da demanda do TPU. Por exemplo, o oferecimento de subsídios financeiros para a diminuição do valor tarifário, fiscalização e limitação de acesso a veículo individual. Tendo em vista que os principais resultados incluem que a posse de veículo na residência prejudica o uso do TPU e também a insatisfação com determinados indicadores de qualidade. Assim, é de destaque a necessidade de intervenção do poder público no fornecimento de subsídios que visem a diminuição no valor

tarifário, que também foi apontado como o indicador de menor satisfação dos usuários. Aspectos relacionados ao fornecimento do serviço como pontualidade, bem como facilitar o acesso a informação em tempo real para que se tenha clareza no relacionamento com os clientes, também é de suma importância.

Em relação ao ambiente construído, quanto mais acessível ao ponto de ônibus, melhora a utilidade do TPU. Uma maior distância ao centro de negócios propõe o uso do TPU com maior frequência, demonstrando que ao focalizar a prestação de serviços em áreas mais distantes, pode-se aumentar a mobilidade das pessoas e direcionar o uso ao TPU.

Na prática, devido as características da cidade, que se desenvolveu de forma similar as cidades interioranas de Minas Gerais, em se expandem a partir do centro, é percebido o favorecido o modo de deslocamento ativo (a pé e bicicleta) e o TPU acaba sendo utilizado por usuários que se encontram mais distantes dessa área. O trabalho auxilia na representação das cidades brasileiras com essas peculiaridades, que no geral são de médio e pequeno porte, porém que são incluídas no Plano de Mobilidade Nacional e necessitam de um direcionamento para o planejamento dos serviços de transporte de forma sustentável.

Sugestões de trabalhos futuros incluem considerar variáveis relacionadas ao avanço tecnológico, onde a implementação de sistemas de informação aos usuários em tempo real, sistemas de cartão inteligente, entre outros, possam tornar o TPU mais atrativo, contribuindo para a análise da demanda. A consideração da disposição ou não de outros modos de transporte que concorrem ou integram ao TPU também podem ter impacto na demanda, como o compartilhamento de veículo, compartilhamento de bicicletas e transporte sob demanda, que são meios de transporte em rápido crescimento. Portanto, políticas para o TPU devem também considerar a flexibilidade e conforto propostos pelos diferentes modos de viagem. Outra sugestão para futuros trabalhos é realizar a Análise de Múltipla Correspondência, para capturar relações entre a frequência de uso e as variáveis que se mostraram relevantes no modelo. A Análise de Múltipla Correspondência pode apresentar graficamente relações entre categorias das variáveis estudadas facilitando a compreensão dos seus relacionamentos.

As limitações da pesquisa incluíram o tamanho relativamente pequeno da amostra em algumas categorias de variáveis, que podem causar um viés na amostra, como por exemplo, os aposentados, que tiveram uma representatividade pequena, além de outras categorias que necessitou de agrupamento para aumento da frequência de respostas. Além disso, esta pesquisa teve como foco apenas os fatores que afetam a frequência do uso do TPU, negligenciando a competição com outros modos. Os efeitos do acesso a modos alternativos, propósitos e distância

de viagem, e de pontos de interesse reais dos usuários devem ser incluídos em pesquisas futuras para permitir uma exploração mais profunda dos fatores de influência no uso do TPU.

## 7 Apêndice

## Apêndice A – Questionário Estruturado aplicado para a coleta de dados

ID		Gênero	Idade	Escolaridade	Ocupação	Mobilidade reduzida	Pagamento	Renda domiciliar:	
1		<input type="checkbox"/> Fem. <input type="checkbox"/> Masc.				<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> Até 1 salário mínimo (até R\$ 937,00)	
2		<input type="checkbox"/> Fem. <input type="checkbox"/> Masc.				<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> 1 a 3 salários mínimos (De R\$937,00 até R\$ 2.811,00)	
3		<input type="checkbox"/> Fem. <input type="checkbox"/> Masc.				<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> 3 a 6 salários mínimos (De R\$2.811,00 até R\$5.622,00)	
4		<input type="checkbox"/> Fem. <input type="checkbox"/> Masc.				<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> 6 salários mínimos (R\$5.622,00) ou mais	
5		<input type="checkbox"/> Fem. <input type="checkbox"/> Masc.				<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			

PESQUISA ORIGEM E DESTINO								
	Motivo	Origem	Horário	Modo	Destino	T.V.	Outro motivo	Frequência que utiliza o ônibus
1	Trabalho							
	Estudo							
2	Trabalho							
	Estudo							
3	Trabalho							
	Estudo							
4	Trabalho							
	Estudo							
5	Trabalho							
	Estudo							

A família possui outros meios de locomoção?			Com que frequência utiliza?		
<input type="checkbox"/> Carro			<input type="checkbox"/> Até 3 vezes por mês		<input type="checkbox"/> Só nos finais de semana
<input type="checkbox"/> Motocicleta			<input type="checkbox"/> 1 a 2 vezes por semana		<input type="checkbox"/> De segunda a sexta feira
<input type="checkbox"/> Bicicleta			<input type="checkbox"/> 3 a 4 vezes por semana		
<input type="checkbox"/> Não possui					

Porque você escolhe utilizar o transporte público?							
<input type="checkbox"/> Único modo		<input type="checkbox"/> Conforto		<input type="checkbox"/> Preço do combustível		<input type="checkbox"/> Falta de calçadas	
<input type="checkbox"/> Tarifa		<input type="checkbox"/> Segurança		<input type="checkbox"/> Dificuldade de estacionar (vagas)		<input type="checkbox"/> Tráfego	
<input type="checkbox"/> Distância ao destino		<input type="checkbox"/> Menor desgaste físico		<input type="checkbox"/> Preço da faixa azul/estacionamentos particulares			
<input type="checkbox"/> Tempo de viagem		<input type="checkbox"/> Clima (chuva, sol, frio, calor)		<input type="checkbox"/> Falta de ciclovias/ bicicletário			





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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**, v. 95, p. 64–84, 2017.
- ABREU, M. N.; SIQUEIRA, A. L.; CAIAFFA, W. T. Regressão logística ordinal em estudos epidemiológicos. **Revista Saúde Pública**, 43(1), 183–194, 2009.
- ALJOUFIE, M. Spatial analysis of the potential demand for public transport in the city of Jeddah, Saudi Arabia. **Urban Transport XX**, 138, 113–123, 2014.
- ALONSO, A.; MONZÓN, A.; CASCAJO, R. Comparative analysis of passenger transport sustainability in European cities. **Ecological Indicators**, 48, 578–592, 2015.
- ANABLE, J.; BOARDMAN, B. Transport and CO2. **UKERC Working Paper**, 1-43, 2005
- ANTP (2016). **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Relatório comparativo 2003/2014**. 2016. Disponível em: [http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--comparativo-2003\\_2014.pdf](http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--comparativo-2003_2014.pdf) Acesso em Fevereiro de 2019.
- ANTP (2018). **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Relatório Geral 2016**. 2018. Disponível em: <http://files.antp.org.br/simob/simob-2016-v6.pdf>. Acesso em março de 2019.
- ANTP (2020). **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Relatório Geral 2017**. 2020. Disponível em: <http://files.antp.org.br/simob/sistema-de-informacao-de-mobilidade-urbana-da-antp--2017.pdf> Acesso em agosto de 2020.
- 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.
- AQUINO, J. T.; SOUZA, J. V.; SILVA, V. C. L.; JERÔNIMO, T. B.; MELO, F. J. C. Factors that influence the quality of services provided by the bus rapid transit system: A look for user's perception. **Benchmarking: An International Journal**, v.9, p. 4035-4057, 2018.
- ARANA, P.; CABEZUDO, S.; PEÑALBA, M. Influence of weather conditions on transit ridership: A statistical study using data from Smartcards. **Transportation Research Part A**, 59, 1–12, 2014.
- ARRUDA, F. S. **Aplicação de um modelo baseado em atividades para análise da relação uso do uso e transportes no contexto brasileiro**. 2005. 199p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.
- AND (Associação Nacional dos Detrans). Brasil já tem 1 carro a cada 4 habitantes. 2017. Disponível em: <http://www.and.org.br/brasil-ja-tem-1-carro-a-cada-4-habitantes-diz-denatran/>. Acesso em março de 2019.
- AZEVEDO FILHO, M. A. N. DE. **Análise do processo de planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentável**. 2012. 190p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.
- AZMI, E. A.; NUSA, F. N. M.; RAHMAT, A. K. Service Attributes Influencing Declining Ridership of Public Rail Operation based on Passenger Experience Survey. **AIP Conference Proceedings** v. 2020, 020026-1-020026-5, 2018

- BACHOK, S.; PONRAHONO, Z.; OSMAN, M. M.; JAAFAR, S.; IBRAHIM, M.; MOHAMED, M. Z. A preliminary study of sustainable transport indicators in Malaysia: the case study of Klang valley public transportation. **Procedia Environmental Sciences**, 28, 464–473, 2015.
- BADDOE, D. A.; YENDETI, M. K. Impact of Transit-Pass Ownership on Daily Number of Trips Made by Urban Public Transit. **Journal Of Urban Planning And Development**, 133(December), 242–249, 2007.
- 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.
- 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.
- BATTY PAUL; PALACIN ROBERTO, GIL, A. G. Challenges and opportunities in developing urban modal shift. **Travel Behaviour and Society**, v. 2, p. 109-123, 2015.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **Operations management research**, 22(2), 241–264, 2002.
- 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.
- BLAINEY, S.; PRESTON, J. A geographically weighted regression based analysis of rail commuting around Cardiff, South Wales. *12th WCTR, July 11-15, Lisbon, Portugal, 2010*.
- BOARETO, R. A política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, n. 3o e 4o trimestres, p. 143–160, 2008.
- BOISJOLY, G.; GRISÉ, E.; MAGUIRE, M.; VEILLETTE, M.; DEBOOSERE, R.; BERREBI, E.; EL-GENEIDY, A. Invest in the ride: A 14 year longitudinal analysis of the determinants of public transport ridership in 25 North American cities. **Transportation Research Part A**, 116(January), 434–445, 2018.
- BOSE, T.; PANDIT, D. Heterogeneity in perception of service quality attributes of bus transit across various user categories- A case of Kolkata. **Transportation Research Procedia**, 48, 2784–2799, 2019.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº. 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 de fevereiro de 1995.
- \_\_\_\_\_. **Lei 12.587 de 3 de janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 de janeiro de 2012.
- BRASIL (2004). O Brasil e o protocolo de Kyoto. Protocolo de Quioto e legislação correlata. – Brasília: Senado Federal, **Subsecretaria de Edições Técnicas**, v. 3, 88 p., 2004.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. DE.; MEDEIROS, J. S. DE. Representações computacionais do espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n.1, p.83-96, 2003.

- CARRARA, C. M. **Uma Aplicação Do Sig Para a Localização E Alocação Congestionadas**. 2007. 246p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.
- CERQUEIRA, D.; RANIERE, M.; GUEDES, E.; COSTA, J. S.; BATISTA, F.; NICOLATO, P. **Indicadores Multidimensionais de Educação e Homicídios nos Territórios Focalizados pelo Pacto Nacional pela Redução de Homicídios**. Nota técnica n. 18, 54p., 2016.
- CERVERO, R.; MURAKAMI, J.; MILLER, M. Direct ridership model of bus rapid transit in Los Angeles County, California. **Transportation Research Record**, 2145, 1–7, 2010.
- 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.
- CHALAK, A.; AL-NAGHI, H.; IRANI, A.; ABOU-ZEID, M. Commuters' behavior towards upgraded bus services in Greater Beirut: Implications for greenhouse gas emissions, social welfare and transport policy. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 88, p. 265–285, 2016.
- CHAPMAN, L. Transport and climate change: a review. **Journal of Transport Geography**, 15(5), 354–367, 2007.
- CHEN, Y. Y.; WANG, Y.; WANG, H.; HU, Z.; HUA, L. Controlling urban traffic-one of the useful methods to ensure safety in Wuhan based on COVID-19 outbreak. **Safety Science**, 131, 2020.
- CHEN, Y. Y.; WEI, P. Y.; LAI, J. H.; FENG, G. C.; LI, X.; GONG, Y. An Evaluating Method of Public Transit Accessibility for Urban Areas Based on GIS. **Procedia Engineering**, 137, 132–140, 2016.
- 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, 161–177, 2015.
- CHOW, L. F.; ZHAO, F.; LIU, X.; LI, M. T.; UBAKA, I. Transit ridership model based on geographically weighted regression. **Transportation Research Record**, 1972, 105–114, 2006.
- CNT; NTU. **Pesquisa Mobilidade da População Urbana 2017/ Confederação Nacional do Transporte, Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos**. Brasília: CNT:NTU, 96p., 2017.
- CROCCO, F.; FORCINITI, C.; WALTER, D.; MONGELLI, E. A management system of territorial planning and mobility: a case study. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 20, 100–109, 2011.
- CULLINANE, S. The relationship between car ownership and public transport provision: A case study of Hong Kong. **Transport Policy**, 9(1), 29–39. 2002.
- DA SILVA, D. C. **Violence, security perception and mode choice on trips to and from a university campus**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2017.
- DA SILVA, A. N. R.; AZEVEDO FILHO, M. A. N. DE; MACÊDO, M. H.; SORRATINI, J. A.; DA SILVA, A. F.; LIMA, J. P., PINHEIRO, A. M. G. S. A comparative evaluation of mobility conditions in selected cities of the Brazilian regions. **Transport Policy**, 37, 147-156, 2015.

- DA SILVA, A. N. R.; COSTA, M. DA S.; MACEDO, M. H. Multiple views of sustainable urban mobility: The case of Brazil. **Transport Policy**, 15, 350–360, 2008.
- DAVIES, N.; BLAZEJEWSKI, L.; SHERRIFF, G. The rise of micromobilities at tourism destinations. **Journal of Tourism Futures**, 2020
- DE ANDRADE GUERRA, J. B. S. O.; PEREIRA RIBEIRO, J. M.; FERNANDEZ, F.; BAILEY, C.; BARBOSA, S. B.; DA SILVA NEIVA, S. The adoption of strategies for sustainable cities: A comparative study between Newcastle and Florianópolis focused on urban mobility. **Journal of Cleaner Production**, 113, 681–694, 2016.
- DE CARVALHO, C. H. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil**. Brasília: IPEA, 2016 (Texto para Discussão, n. 2198).
- DE CARVALHO, H. R.; GOMIDE, A; PEREIRA, R. H. M.; MATION, L.F.; BALBIM, R.; LIMA NETO, V. C.; GALINDO, E. P.; KRAUSE, C.; GUEDES, E. P. **Tarifação e financiamento do transporte público**. Nota técnica No 2. 1–24, 2013.
- DE CARVALHO, C. H. PEREIRA, R. H. M. **Efeitos da variação da tarifa e da renda na população sobre a demanda de transporte público coletivo no Brasil**. Brasília: IPEA, 2011 (Texto para Discussão, n. 1595).
- 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), 605–622, 2015.
- DE OÑA, R.; DE OÑA, J (2013) Analyzing transit service quality evolution using decision trees and gender segmentation. **WIT Transactions on the Built Environment**, v. 130, p. 611–621, 2013.
- DE VOS, J. The effect of COVID-19 and subsequent social distancing on travel behavior. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, 5, 100-121, 2020.
- DELBOSC, A.; CURRIE, G. Modelling the causes and impacts of personal safety perceptions on public transport ridership. **Transport Policy**, 24, 302–309, 2012.
- DELL’OLIO, L.; IBEAS, A.; CECIN, P. The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, 18(1), 217–227, 2011.
- DENATRAN (2019). **Relatórios estatísticos- Frota de veículos**. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>. Acesso em julho de 2020
- DIANA, M.; PIRRA, M.; CASTRO, A.; *et al.* Development of an Integrated Set of Indicators to Measure the Quality of the Whole Traveler Experience. **Transportation Research Procedia**, v. 14, p. 164–1173, 2016.
- 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**, v. 18, n. June, p. 234–241, 2016.
- DING, C.; WANG, D.; LIU, C.; ZHANG, Y.; YANG, J. Exploring the influence of built environment on travel mode choice considering the mediating effects of car ownership and travel distance. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 100, 65–80, 2017.
- DONG, F.; WANG, Y.; SU, B.; HUA, Y.; ZHANG, Y. Resources, Conservation & Recycling The process of peak CO<sub>2</sub> emissions in developed economies : A perspective of industrialization and urbanization. **Resources, Conservation & Recycling**, 141(October 2018), 61–75, 2019.

- EFTHYMIIOU, D.; ANTONIOU, C.; TYRINOPOULOS, Y.; SKALTSOGIANNI, E. Factors affecting bus users' satisfaction in times of economic crisis. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 2017.
- EKINCI, Y.; URAY, N.; ÜLENGİN, F.; DURAN, C. A segmentation based analysis for measuring customer satisfaction in maritime transportation. **Transport**, 33(1), 104–118, 2018.
- ETMINANI-GHASRODASHTI, R.; PAYDAR, M.; HAMIDI, S. University-related travel behavior: Young adults' decision-making in Iran. **Sustainable Cities and Society**, 43(August), 495–508, 2018.
- EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the Built Environment: A Synthesis. **Transportation Research Record**. 2013.
- EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, 265-294, 2010.
- EWING, R.; CERVERO, R. **Travel and the Built Environment**. Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, 203–219, 2001.
- FAROQI, H.; SADEGHI-NIARAKI, A. Developing GIS-based Demand-Responsive Transit system in Tehran city. **International Conference on Sensors & Models in Remote Sensing & Photogrammetry**, XL, 23–25, 2015
- FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P. P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 646p., 2009.
- FELIX, R. R.; ALVES, V.; LIMA, J. P. Land use management in the surroundings areas of the Sapucaí River in Itajubá-MG. **Urbe**, 11, 1–15, 2019.
- FELIX, R. R. DE O. M. **Avaliação de áreas urbanas baseada no Desenvolvimento Orientado Ao Transporte Sustentável (DOTS)**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.
- FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte público urbano**. São Carlos: Rima, 2004.
- FRAPPIER, A.; MORENCY, C.; TRÉPANIER, M. Measuring the quality and diversity of transit alternatives. **Transport Policy**, 61(October 2017), 51–59, 2018.
- GARCÍA-PALOMARES, J. C.; GUTIÉRREZ, J. Walking accessibility to public transport: an analysis based on microdata and GIS. 40, 1087–1102, 2013.
- GASCON, M.; MARQUET, O.; GRÀCIA-LAVEDAN, E.; AMBRÒS, A.; GOTTSCHI, T.; NAZELLE, Audrey; PANIS, L. I.; GERIKE, R.; BRAND, C.; DONS, E.; ERIKSSON, U.; IACOROSI, F.; ÁVILA-PALÈNCIA, I.; COLE-HUNTER, T.; NIEUWENHUISJEN, M.J.. What explains public transport use? Evidence from seven European cities. **Transport Policy**, v. 99, n. A, p. 362–374, 2020.
- GOMIDE, A. A.; GALINDO, E. P. A mobilidade urbana: uma agenda inconclusa ou o retorno daquilo que não foi. **Estudos Avançados**. 27(79), 2013.
- GRIECO, E. P.; ALVES, ROSANE M.; PORTUGAL, L. DA S. Proposta De Índice Do Ambiente Construído Orientado À Mobilidade Sustentável. In: XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, 2015, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2730–2742, 2015.
- GRISÉ, E.; EL-GENEIDY, A. Evaluating the relationship between socially (dis) advantaged neighbourhoods and customer satisfaction of bus service in London , **Journal of Transport Geography** , v. 58, p. 166–175, 2017.

GUIMPERT, I.; HURTUBIA, R. Measuring, understanding and modelling the Walking Neighborhood as a function of built environment and socioeconomic variables. **Journal of Transport Geography**, 71(January), 32–44, 2018.

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, 68–77, 2016.

GUTIERRES, D. M. M. **Análise da evolução da demanda por transportes associada à implantação de estações de metrô**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transporte. São Paulo, 2013.

HAMID, H. A.; WAH, Y. B.; XIE, X.; HUAT, O. S. Investigating the power of goodness-of-fit tests for multinomial logistic regression. **Communications in Statistics – Simulation and Computation**, 2017.

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.

HASLAUER, E.; DELMELLE, E. C.; KEUL, A.; BLASCHKE, T.; PRINZ, T. Comparing Subjective and Objective Quality of Life Criteria: A Case Study of Green Space and Public Transport in Vienna, Austria. **Social Indicators Research**, 124(3), 911–927, 2014

HAUSTEIN, S.; THORHAUGE, M.; CHERCHI, E. Commuters' attitudes and norms related to travel time and punctuality: A psychographic segmentation to reduce congestion. **Travel Behaviour and Society**, 12(July 2017), 41–50, 2018.

HAYDEN, A.; TIGHT, M.; BURROW, M. Is Reducing Car Use a Utopian Vision? **Transportation Research Procedia**, 25, 3944–3956, 2017.

HE, S. Y.; THØGERSEN, J. The impact of attitudes and perceptions on travel mode choice and car ownership in a Chinese megacity: The case of Guangzhou. **Research in Transportation Economics**, 62, 57–67, 2017.

HER, J.; PARK, S.; LEE, J. S. The Effects of bus ridership on airborne particulate matter (PM10) concentrations. **Sustainability (Switzerland)**, 8(7), 2016.

HESS, S.; SPITZ, G.; BRADLEY, M.; COOGAN, M. Analysis of mode choice for intercity travel: Application of a hybrid choice model to two distinct US corridors. **Transportation Research Part A**, 116(July), 547–567, 2018.

HICKMAN, R.; HALL, P.; BANISTER, D. Planning more for sustainable mobility. **Journal of Transport Geography**, 33, 210–219, 2013.

HOSMER D.W.; LEMESHOW S. **Applied logistic regression**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons; 2000.

IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal). **Mobilidade e Política Urbana: subsídios para uma gestão integrada**. Rio de Janeiro: IBAM; Ministério das cidades, 52p, 2005.

IBGE - CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd\\_2010\\_caracteristicas\\_populacao\\_domicilios.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf)>. Acesso em março de 2019.

IBGE. **Informações sobre as cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itajuba/panorama> . Acesso em 10 de janeiro de 2021.

- IEA (International Energy Agency). **CO2 emissions from fuel combustion**. Statistics, 2017.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel. In Genebra, Suíça, 2007.
- IPEA (2013). **Tarifação e financiamento do transporte público urbano**. Brasília. Disponível em:  
[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1365/1/Nota\\_Tecnica\\_Tarifa%20e\\_financeiamento\\_do\\_transportepublico\\_urbano.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1365/1/Nota_Tecnica_Tarifa%20e_financeiamento_do_transportepublico_urbano.pdf). Acesso em agosto de 2019.
- IPEA; FBSP (2018). **Atlas da violência 2018 – Políticas públicas e retratos dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 37p., 2018. Disponível em:  
[https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=33509](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=33509). Acesso em setembro de 2019.
- IRTEMA, H. I.M.; ISMAIL A.; BORHANA M. N. DAS, A.M. ALSHETWI, A. B. Z. Case study of the behavioural intentions of public transportation passengers in Kuala Lumpur. **Case Studies on Transport Policy**, v. 6, n. 4, p. 462–474, 2018.
- Ji, J.; GAO, X. Analysis of people’s satisfaction with public transportation in Beijing. **Habitat International**, 34(4), 464–470, 2010.
- KAEWKLUEGKLOM, R.; SATTIENAM, W.; JAENSIRISAK, S.; SATTIENAM, T. Influence of psychological factors on mode choice behaviour: Case study of BRT in Khon Kaen City, Thailand. **Transportation Research Procedia**, 25, 5072–5082, 2017.
- KERKMAN, K.; MARTENS, K.; MEURS, H. A multilevel spatial interaction model of transit flows incorporating spatial and network autocorrelation. **Journal of Transport Geography**, 60, 155–166, 2017.
- KERKMAN, K.; MARTENS, K.; MEURS, H. Predicting travel flows with spatially explicit aggregate models On the benefits of including spatial dependence in travel demand modeling. **Transportation Research Part A**, 118(August), 68–88, 2018.
- KEYES, A. K. M.; CRAWFORD-BROWN, D. The changing influences on commuting mode choice in urban England under Peak Car: A discrete choice modelling approach. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, 58, 167–176, 2018.
- KO, J.; LEE, S.; BYUN, M. Exploring factors associated with commute mode choice: An application of city-level general social survey data. **Transport Policy**, 75(December 2018), 36–46, 2019.
- KUPPAM, A. R.; PENDYALA, R. M.; RAHMAN, S. Analysis of the Role of Traveler Attitudes and Perceptions in Explaining. **Transportation Research Record**. 99, 68–76, 1999.
- LANGFORD, M.; HIGGS, G.; FRY, R. Using floating catchment analysis (FCA) techniques to examine intra-urban variations in accessibility to public transport opportunities: the example of Cardiff, Wales. **Journal of Transport of Geography**, 25, 1–14, 2012.
- LAU, J. C. Y. Sustainable urban transport planning and the commuting patterns of poor workers in a historic inner city in Guangzhou, China. **Habitat International**, v. 39, p. 119–127, 2013.
- LAVERTY, A. A.; MINDELL, J. S.; WEBB, E. A.; MILLETT, C. Active travel to work and cardiovascular risk factors in the United Kingdom. **American Journal of Preventive Medicine**, 45(3), 282–288, 2013.
- LEITE, R.N. **Estruturação e Proposição de um sistema de informação ao usuário de transporte público em Itajubá-MG**. Monografia – Universidade Federal de Itajubá, 2016.

- LIMA, J. P.; MACHADO, M. H. Walking accessibility for individuals with reduced mobility: A Brazilian case study. **Case Studies on Transport Policy**.v.7, 269-279, 2019.
- LIN, T.; WANG, D.; GUAN, X. The built environment, travel attitude, and travel behavior: Residential self-selection or residential determination? **Journal of Transport Geography**, 65(October), 111–122, 2017.
- 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(September 2018), 78–89, 2019.
- MALOKIN, A.; CIRCELLA, G.; MOKHTARIAN, P. L. How do activities conducted while commuting influence mode choice? Using revealed preference models to inform public transportation advantage and autonomous vehicle scenarios. **Transportation Research Part A**, 124(August 2016), 82–114, 2019.
- MANCINI, M. T.; SILVA, A. N. R. DA. Padrões de geração de viagens e mobilidade urbana sustentável. **Transportes**, 18(1), 36–45, 2010.
- 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**, v. 160, n. Cit, p. 499–508, 2014.
- MAZUMDAR, S.; LEARNIHAN, V.; COCHRANE, T.; DAVEY, R. The built environment and social capital: A systematic review. **Environment and Behavior**, 50(2), 119–158, 2018.
- MENG, L.; SOMENAHALLI, S.; BERRY, S. Policy implementation of multi-modal (shared) mobility: review of a supply-demand value proposition canvas. **Transport Reviews**, 40(5), 670–684, 2020.
- MESQUITA, P. S. B. **Um modelo de regressão logística para avaliação dos programas de pós-graduação no Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campo dos Goytacazes, 2014.
- MESSINGER, T.; EWING R. Transit-Oriented development in the sun belt. **Journal Transport Res. Board** 1996, 145-153, 2007.
- MiD. (2008). **Mobilidade in Deutschland 2008**. Disponível em: <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de>, Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS), Germany.
- MIGUEL, P. A.; FLEURY, A; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; LIMA, E. P., TURRIONI, J.B.; HO, L.L. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 226p, 2010.
- MIRANDA, H. DE F.; DA SILVA, R. A. N. Benchmarking sustainable urban mobility: The case of Curitiba, Brazil. **Transport Policy**, 21, 141–151, 2012.
- MONTENEGRO, S. G. **Modelo de Regressão Logística Ordinal em dados categóricos na área de ergonomia experimental**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 90p, 2009.
- MOREIRA, L. M. P. DA S.; VIEIRA, G. C.; HORA, K. E. R.; KALLAS, L. M. E. NÍVEIS DE DENSIDADE POPULACIONAL: Uma proposta de classificação para Goiânia – GO, aplicação no Setor Central. In: XVIII ENAPUR, 2019, Natal. **Anais...** Natal, 17p., 2019.
- MOTTA, R. A., DA SILVA, P. C. M.; MENDONÇA BRASIL, A. C. Desafios da mobilidade sustentável no Brasil. **Revista dos Transporte Públicos – ANTP** (ano 34), 2012.



MOUWEN, A. Drivers of customer satisfaction with public transport services. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 78, p. 1–20, 2015.

NAZEM, M.; TRÉPANIÉ, M.; MORENCY, C. Revisiting the destination ranking procedure in development of an Intervening Opportunities Model for public transit trip distribution. **Journal of Geographical Systems**, 17(1), 61–81, 2015.

NGOC, A. M.; HUNG, K. V.; TUAN, V. A. Towards the Development of Quality Standards for Public Transport Service in Developing Countries: Analysis of Public Transport Users' Behavior. **Transportation Research Procedia**, v. 25, p. 4560–4579, 2017.

NKEKI, F. N.; ASIKHIA, M. O. Geographically weighted logistic regression approach to explore the spatial variability in travel behaviour and built environment interactions: Accounting simultaneously for demographic and socioeconomic characteristics. **Applied Geography**, 108(May), 47–63, 2019.

NOOR, H. M.; NASRUDIN, N.; FOO, J. Determinants of Customer Satisfaction of Service Quality: City Bus Service in Kota Kinabalu, Malaysia. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 153, p. 595–605, 2014.

NORDFJÆRN, T.; RUNDMO, T. Transport risk evaluations associated with past exposure to adverse security events in public transport. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, 53, 14–23, 2018.

NTU (2019) – 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 (2018) – 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.

OECD. **Environmentally Sustainable Transport (EST): Futures, strategies and best practice**. Report on the OECD Conference. 146p., 2002.

ONU – Organização Das Nações Unidas. **Brundtland Report: Our common future**. ONU: 1997. Disponível em: [https://www.are.admin.ch/are/en/home/sustainable-development/international-cooperation/2030agenda/un\\_-milestones-in-sustainable-development/1987--brundtland-report.html](https://www.are.admin.ch/are/en/home/sustainable-development/international-cooperation/2030agenda/un_-milestones-in-sustainable-development/1987--brundtland-report.html). Acesso em 17 de Julho de 2019.

Outwater, M.L., Spitz, G., Lobb, J., Campbell, M., Sana, B., Pendyala, R., Woodford, W. Characteristics of premium transit services that affect mode choice. **Transportation**, 38 (4), 605–623, 2011.

PAHO – Pan American Health Organization. **Status of Road Safety in the Region of the Americas**. Washington, D.C.: PAHO; 2019.

PITOMBO, C. S.; COSTA, A. S. G. DA. Aplicação conjunta de modelos não paramétricos e paramétricos para previsão de escolha modal. **Journal of Transport Literature**, 9(1), 30–34, 2015.

PITOMBO, C. S. **Estudos de relações entre variáveis socioeconômicas, de uso do solo, participação em atividades e padrões de viagens encadeadas**. 2007. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 285p, 2007.

- Prefeitura de Itajubá. 2019. Disponível em: <http://www.itajuba.mg.gov.br/noticias/transporte-coletivo-8-novos-onibus-serao-disponibilizado-para-os-itajubenses/> Acesso em 23/06/2020
- PSALTOGLOU, A.; CALLE, E. Enhanced connectivity index – A new measure for identifying critical points in urban public transportation networks. **International Journal of Critical Infrastructure Protection**, 21, 22–32, 2018.
- 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.
- RIBEIRO, K.; KOBAYASHI, S.; BEUTHE, M.; GASCA, J.; GREENE, D.; LEE, D. S.; MUROMACHI, Y.; NEWTON, P. J., PLOTKIN, S., SPERLING, D., WIT, R., ZHOU, P. J., DAVIDSON, O. R., BOSCH, P. R., DAVE, R., KINGDOM, U. **Transport and its infrastructure**. cap 5, p324-385, 2007.
- ROCHA, A. L. M. M. DA. **Regressão Logística Multinível: Uma aplicação de Modelos Lineares Generalizados Mistos**. Relatório de projeto final – Universidade de Brasília, 2014.
- ROSA, S. J. **Transporte e Exclusão Social : A Mobilidade da População de Baixa Renda da Região Metropolitana de São Paulo e Trem Metropolitano**. 2006. 161p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- SADORSKY, P. Do urbanization and industrialization affect energy intensity in developing countries? 37, 52–59, 2013.
- SANTOS, J. B. dos. **Qualidade do sistema de transporte público: um modelo interdisciplinar de avaliação multicritério aplicado em Itajubá, MG**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.
- SANTOS, J. B. dos; LIMA, J. P.; OLIVEIRA, M. L. de. Estudo de indicadores de qualidade para transporte público urbano. **Anais... XXXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção, ENEGEP**, Santos, 2019.
- 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.
- SARKER, R. I.; MAILER, M.; SIKDER, S. K. Walking to a public transport station: Empirical evidence on willingness and acceptance in Munich, Germany. **Smart and Sustainable Built Environment**. V.9, 2018.
- SEABRA, L. O.; TACO, W. G.; DOMINGUEZ, E. M. Sustentabilidade em transporte: do conceito às políticas públicas de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos**, p. 105–124, 2013.
- SHAHEEN, S.; COHEN, A. Is It Time for a Public Transit Renaissance?. **Journal of Public Transportation**, 2018.
- SHRESTHA, B. P.; MILLONIG, A.; HOUNSELL, N.B. Review of Public Transport Needs of Older People in European Context. **Journal of Population Ageing**, v. 10, n. 4, p. 343–361, 2017.
- ŞİMŞEKOĞLU, O.; NORDFJÆRN, T.; RUNDMO, T. The role of attitudes, transport priorities, and car use habit for travel mode use and intentions to use public transportation in an urban Norwegian public. **Transport Policy**. 42, 113–120, 2015.
- STEIL, C. A.; TONIOL, R. Além dos humanos: reflexões sobre o processo de incorporação dos direitos ambientais como direitos humanos nas conferências das Nações Unidas. **Horizontes Antropológicos**. 283–309, 2013.

- STREINER, D. L. Being inconsistent about consistency: when coefficient alpha does and doesn't matter. **Journal of Personality Assessment**. v. 80, n. 3, p. 217-222, 2003.
- SUN, Y.; CUI, Y. Evaluating the coordinated development of economic, social and environmental benefits of urban public transportation infrastructure: Case study of four Chinese autonomous municipalities. **Transport Policy**, 66(February), 116–126, 2018.
- 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), 122–130, 2019.
- THAO, V. T.; OHNMACHT, T. The impact of the built environment on travel behavior: The Swiss experience based on two National Travel Surveys. **Research in Transportation Business and Management**, July, 100386, 2019.
- TILAHUN, N. Y.; LEVINSON, D. M.; KRIZEK, K. J. Trails, lanes, or traffic: valuing bicycle facilities with an adaptive stated preference survey. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, vol.41, no.4, pp. 287–301, 2007.
- TON, D.; DUIVES, D. C.; CATS, O.; HOOGENDOORN-LANSER, S.; HOOGENDOORN, S. P. Cycling or walking? Determinants of mode choice in the Netherlands. **Transportation Research Part A**, 123(August 2018), 7–23, 2019.
- TRIBBY, C. P.; ZANDBERGEN, P. A. High-resolution spatio-temporal modeling of public transit accessibility. **Applied Geography**, 34, 345–355, 2012.
- TRIMET, 2010. **Bus Stops Guidelines**. Final report. Disponível em: [https://nacto.org/docs/usdg/bus\\_stop\\_guidelines\\_trimet.pdf](https://nacto.org/docs/usdg/bus_stop_guidelines_trimet.pdf). Acesso em 20 de maio de 2019.
- TRUONG, L. T.; SOMENAHALLI, S. V. C. Exploring frequency of public transport use among older adults: A study in Adelaide, Australia. **Travel Behaviour and Society**, 2(3), 148–155, 2015.
- TSAMI, M.; NATHANAIL, E. Guidance Provision for Increasing Quality of Service of Public Transport. **Procedia Engineering**, v. 178, p. 551–557, 2017
- USPALYTE-VITKUNIENE, R.; BURINSKIENE, M. Determination of factors that influence public transport. **WIT Transactions on the Built Environment**. V.96, 327-336, 2007.
- VAN DE COEVERING, P.; MAAT, K.; VAN WEE, B. (2018). Residential self-selection, reverse causality and residential dissonance. A latent class transition model of interactions between the built environment, travel attitudes and travel behavior. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 118(June), 466–479, 2018.
- VAN WEE, B.; DE VOS, J.; MAAT, K. Impacts of the built environment and travel behaviour on attitudes: Theories underpinning the reverse causality hypothesis. **Journal of Transport Geography**. V.80, 125-504, 2019.
- VASCONCELLOS, D.; ALCÂNTARA, E.; CARVALHO, D.; RIBEIRO, C. H. **Transporte e Mobilidade Urbana**. Texto para Discussão, No. 1552, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2011.
- VASCONCELLOS, E. A.; MENDONÇA, A. Política Nacional de Transporte Público no Brasil: organização e implantação de corredores de ônibus. **Revista dos Transportes Públicos**. Ano (33), 2010.
- VERMA, M.; RODEJA, N.; MANOJ, M.; VERMA, A. Young Women's Perception of Safety in Public Buses : A Study of Two Indian Cities (Ahmedabad and Bangalore ). **Transportation Research Procedia**, 48(2018), 3254–3263, 2020.

- 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, 164–178, 2013.
- WANG, D.; LIN, T. Built environments, social environments, and activity-travel behavior: a case study of Hong Kong. **Journal of Transport Geography**. v.31, 286-295, 2013
- WANG, D.; ZHOU, M. The built environment and travel behavior in urban China: A literature review. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 52, 574–585, 2017.
- WCED. **Our Common Future (The Brundtland Report)**. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. Oxford, 1987.
- WEI, C.; LU, T.; YAN, X. A Logistic Regression Model with a Hierarchical Random Error Term for Analyzing the Utilization of Public Transport. **Mathematical Problems in Engineering**. 8p. 2015.
- WELLS, K.; THILL, J.C. Do transit-dependent neighbourhoods receive inferior bus access? A neighbourhood analysis in four US cities. **Journal of Urban Affairs**. 34 (1), 43–63, 2012.
- 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), 1–15, 2018.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The fundamentals**. GENEVA, 1–29, 2004.
- 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, 744–753, 2010.
- YANG, L.; WANG, Y. Commuting Mode Choice Behaviour Study and Policy Suggestions for Low-Carbon. **Tehnički vjesnik**, V.25 1169–1173, 2018.
- 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), 486–493. 2018
- YE, R.; TITHERIDGE, H. Satisfaction with the commute: The role of travel mode choice, built environment and attitudes. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 52, 535–547, 2017.
- YE, Y.; WANG, C.; ZHANG, Y.; WU, K.; WU, Q.; SU, Y. Low-carbon transportation oriented urban spatial structure: Theory, model and case study. **Sustainability (Switzerland)**, 10(1), 1–16, 2017.
- YU, L.; XIE, B.; CHAN, E. H. W. How does the built environment influence public transit choice in urban villages in China?. **Sustainability (Switzerland)**, 11(1), 2018.
- YU, L.; XIE, B.; CHAN, E. H. W. Exploring impacts of the built environment on transit travel: Distance, time and mode choice, for urban villages in Shenzhen, China. **Transportation Research Part E**. 132, 57-71, 2019.
- ZAILANI, S.; IRANMANESH, M.; ARIFFIN, T.; CHAN, T. Is the intention to use public transport for different travel purposes determined by different factors? **Transportation Research Part D**, 49, 18–24, 2016.
- ZHANG, X.; ZHANG, Q.; SUN, T.; ZOU, Y.; CHEN, H. Evaluation of urban public transport priority performance based on the improved TOPSIS method: A case study of Wuhan. **Sustainable Cities and Society**, 43(1178), 357–365, 2018.

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(October 2019), 102446. 2020.