

## TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS COM ROTA SEMIFIXA POR MEIO DE *E-HAILING*: UM DIAGNÓSTICO PARA BELO HORIZONTE

**Luiz Carlos Alves da Silva Junior**

Departamento de Engenharia de Transportes  
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

**Renata Lúcia Magalhães de Oliveira**

**Danayla Lorraine Pereira**

**Thiago Henrique de Oliveira Faustino**

Departamento de Engenharia de Transportes  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET / MG

### RESUMO

Padrões de mobilidade adequados às cidades sustentáveis têm sido discutidos como subsídio à implementação de soluções de mobilidade como serviço, resultando em maior conforto, preço acessível e segurança para os clientes, além de sustentabilidade para a cidade. Este trabalho teve como objetivo determinar qual região de Belo Horizonte apresenta maior potencial de adequação da demanda à oferta de transporte compartilhado com rota semifixa por *e-hailing* como solução alimentadora dos sistemas de alta capacidade da capital. Foram utilizados dados das pesquisas OD de 2002 e 2012 e dados referentes a atributos socioeconômicos e demográficos e ao fluxo de veículos (hora-pico) pelo Google Transit. A abordagem metodológica calculou-se o índice de densidade e o índice de dinâmica de fluxo de cada região. Venda Nova apresentou-se como a regional com maior potencial para uso do sistema proposto e as regionais Centro-Sul, Leste e Nordeste o menor potencial.

Palavras Chaves: *E-hailing*; *Mobility as a Service*; Transporte Sustentável; Taxi Lotação

### ABSTRACT

Sustainable mobility has been discussed, bringing the concept mobility as a service as a mobility solution, through road optimization, greater comfort, affordability, safety, and sustainability. The purpose of this study was to determine which region of Belo Horizonte presents a better potential for vehicle sharing, through the implementation of a fixed-route *e-hailing* platform designed to feed the high capacity transport systems of the capital. We used data from the 2002/2012 origin-destination surveys, peak-hour flow-speed through Google Transit and socioeconomic and demographic attributes. The methodological approach it was calculated the density index and the index of flow dynamics of each region was determined. The population of Venda Nova presented the highest potential to use the proposed mobility solution and regions Center-south, East and Northeast were the less favorable.

Key Words: *E-hailing*; *Mobility as a Service*; Sustainable Transport; Taxi Sharing

### 1. INTRODUÇÃO:

Alguns dos maiores desafios enfrentados pelas grandes cidades na atualidade são os elevados níveis de congestionamentos e a poluição atmosférica, resultantes da circulação massiva de veículos particulares e a priorização da utilização de espaços públicos para esses veículos. De acordo com estudos da *Federal Highway Administration*, nas cidades dos Estados Unidos com mais de um milhão de habitantes, um veículo particular viaja, em média, 40 quilômetros por dia, operacionalizando seu uso efetivo em aproximadamente 90 minutos. Pode-se considerar então que, no restante do tempo, o veículo permanece ocioso e demanda um local físico para se manter estacionado (Boyaci *et al.*, 2015).

Em relação ao contexto brasileiro, mais especificamente para a cidade de Belo Horizonte, um estudo desenvolvido pela PBH (2008), por meio do Programa de Estruturação Viária de Belo Horizonte, apresentou média de ocupação de 1,5 pessoas por veículo particular em circulação

na cidade (Belo Horizonte, 2008). Ainda, dados disponibilizados pelo Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN e publicados pela CNT (2017), revelam que a frota de veículos em Belo Horizonte, aumentou mais de 98% em 10 anos (em 2006 a frota era de 866.304 unidades, saltando para 1.714.947 unidades em 2016), destacando ainda Belo Horizonte como a cidade com maior relação veículo/habitante dentre 17 capitais do país (CNT, 2017). A capital mineira figura entre as dez cidades brasileira com o pior congestionamento, segundo dados do relatório *TomTom Traffic Index* (TOMTOM, 2016), que avalia a situação do congestionamento de trânsito em 295 cidades de 38 países em 6 continentes.

Ainda no contexto de Belo Horizonte, conforme análises das Pesquisas de Origem e Destino (OD) encomendada pela Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS), realizadas em 2002 e 2012, o serviço de transporte público coletivo sofreu uma significativa queda de demanda nesse período (BHTRANS, 2016). Esse fenômeno é recorrente e pode ser explicado por algumas características intrínsecas do serviço por ônibus convencional, como: horários fixos, cobertura limitada e baixa qualidade da viagem, acomodando uma fração cada vez menor na demanda de mobilidade urbana (Vuchic, 2017).

Sistemas tecnológicos móveis de comunicação como smartphones, notebooks e tablets, além da massificação de redes wireless e da conexão à internet via telefonia móvel (Siqueira, 2012), possibilitaram a gênese de soluções de mobilidade como alternativas ao transporte público coletivo e individual convencional nas cidades, em escala global, evidenciada por um crescimento elevado do mercado de serviços de transporte por aplicativos (Vieira *et al.*, 2012).

A solução tecnológica que permite ao cliente solicitar um serviço de transporte individual (táxis, carros particulares ou outros veículos) por meio de um dispositivo móvel ou computador é conhecido como serviço de transporte *e-hailing* (Anderson, 2014; He e Shen, 2015). O avanço tecnológico aplicado a soluções de mobilidade urbana abre diversas possibilidades para que as cidades enfrentem os problemas relacionados a restrições de acesso das pessoas às atividades essenciais, como trabalho, educação, serviços de saúde e lazer e das mercadorias aos consumidores finais (WRI BRASIL, 2016). Com o foco na movimentação de pessoas, a flexibilidade e conseqüente qualidade promovida por meio de serviços *e-hailing* promovem alternativas viáveis de compartilhamento de viagens. Viagens compartilhadas em veículos de menor porte são mais flexíveis, confortáveis, convenientes, menos onerosas e promovem a redução do número de veículos em circulação (Mulley e Nelson, 2009). Em outras palavras, são benéficas tanto para atendimento da demanda com perfil cada vez mais exigente e presente como agente decisor nas cidades quanto para a qualidade de vida promovida por meio da qualificação de espaços urbanos.

Uma pesquisa do MIT Senseable City Lab (2014), demonstrou que na cidade de Nova York, mais de 95% das corridas de táxi poderiam ser compartilhadas, com atrasos mínimos para passageiros, o que resultaria em uma redução implícita de 40% do tráfego de táxis e, conseqüentemente, das emissões de gases poluentes na atmosfera.

Além da promoção de mobilidade e mitigação dos impactos da circulação de veículos em áreas urbanas, sistemas *e-hailing*, em função da necessidade da coordenação flexível e em tempo real entre a demanda e a oferta de transportes, são dependentes de informações e, portanto, geradores de *Big Data* sobre desejos de deslocamento e qualidade da oferta (Nie, 2017). Assim, outro atributo importante para as cidades é a disponibilização de informações advindas do uso

desses aplicativos para qualificação e avaliação da demanda por deslocamentos, da oferta de transporte, dos níveis de serviços das vias, da qualificação do tráfego e da eficiência na gestão de rotas no contexto urbano (Vieira *et al.*, 2012).

Diversos fatores contribuem para a dinâmica dos locais de coleta e desembarque, o que tende a ser interpretado o transporte como uma decisão aleatória, entretanto as pessoas frequentemente assumem um padrão previsível de comportamento devido aos valores de tarifa, condições de pagamento, eficiência do modo de transporte e qualidade dos deslocamentos (Litman, 2013). O que evidencia oportunidades de mudança de comportamento, caso o transporte público proporcione atrativos aos usuários do transporte particular individual, atendendo as necessidades de deslocamento dos pontos de origem aos de destino, com integração modal de forma física, como tarifaria (Ayure *et al.*, 2016). Com o avanço tecnológico, o potencial dos aplicativos em prol do transporte urbano são enormes, proporcionando facilidades para a integração modal e acompanhamento em tempo real dos embarques e desembarques do transporte público de alta capacidade, otimizando o transporte local, aumentando seu alcance de atendimento e viabilizando operacionalmente através das coincidências de passageiros (Steenbruggen *et al.*, 2013).

Nesse contexto, é necessário investigar maneiras efetivas para a redução da quantidade de veículos particulares em circulação no sistema viário urbano, visando a redução de congestionamentos e da emissão de poluentes. Ainda, é imprescindível tornar o transporte público coletivo mais atrativo, reduzindo a impedância dos deslocamentos e promovendo maior eficiência para os sistemas de mobilidade das cidades brasileiras. Destaca-se o uso de tecnologias digitais de informação e comunicação como instrumento para a tornar as cidades “mais inteligentes” e viabilizar planejamento e operação de sistemas de transporte dinâmicos. Como referência a essa dinamicidade do transporte urbano está o conceito de *Mobility as a Service (MaaS)*, que engloba o uso de elementos como *e-hailing*, a integração total dos modos de transporte e o compartilhamento do seu uso por diversos usuários, da forma mais eficiente possível (Sochor *et al.*, 2017).

Assim, neste trabalho é avaliada uma proposta de mudança dos padrões de mobilidade para os deslocamentos diários em Belo Horizonte, Minas Gerais. A proposta investigada neste trabalho refere-se à modificação e expansão do serviço de “Táxi Lotação” (movimentação de passageiros no sistema táxis com rotas fixas), presente na área central da cidade, para as áreas residenciais das regionais da cidade. Atualmente são utilizadas linhas alimentadoras para integração das áreas residenciais e comerciais das regionais aos terminais integradores com os sistemas de maior capacidade de transporte que fazem a ligação entre as regionais (estações de metrô e BRT). O objetivo deste trabalho é propor uma abordagem metodológica que possibilite classificar as regiões urbanas quanto ao potencial de sucesso na implementação de sistemas de transporte *e-hailing* compartilhado de baixa capacidade como forma de alimentar os terminais de integração e reduzir a circulação de veículos.

Nesta proposta, o serviço compartilhado por meio de uma plataforma *E-hailing* seria configurado com rotas semifixas (origens e destinos definidos e rotas flexíveis), diferindo do atual modelo de taxi-lotação existente na capital Mineira. Modelos semelhantes já são utilizados pelas empresas Uber, Lyft, Juno, Gett e Via, por meio de aplicativos móveis, como o *Uberpool* e *Maaxi*, onde é oferecido aos passageiros que viajam na mesma direção, uma opção mais barata

de viajar, dividindo os custos com outras pessoas, usuárias do mesmo aplicativo com uma rota similar sob demanda da conveniência e confiabilidade (Madrigal, 2017).

Encontram-se, entretanto, complexidades relacionadas à modelagem dessa operação para respectiva análise, devido tanto às externalidades que impactam diretamente o planejamento e a operação dessa modalidade de transporte urbano e à flexibilidade operacional. Este trabalho traz contribuições metodológicas, permitindo a análise do potencial de utilização do sistema de transporte compartilhado proposto no contexto brasileiro.

## **2. MOBILIDADE URBANA NO CONTEXTO DA 4ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL**

Para ser caracterizado como sustentável, um plano de mobilidade urbana deve ter por objetivos melhorar a acessibilidade, a integração, a eficiência e a qualidade dos meios de transporte, e reduzir as emissões de gases e os acidentes, comprometido a facilitar os deslocamentos e a circulação de pessoas associado a inclusão social e a autonomia com que os locais da cidade são atingidos pelas pessoas e mercadorias, usualmente medida pelo tempo e pelo custo envolvido (Machado e Piccinini, 2018). Referindo-se ao equilíbrio entre a satisfação da necessidade humana de se locomover e a oferta disponível de transporte com baixo impacto ambiental, não comprometendo a capacidade futura de satisfação das próximas gerações, associados aos atributos de efetividade da gestão, operação e planejamento dos sistemas de transporte (IPEA, 2016). As premissas de promoção de equidade no acesso tanto aos sistemas de mobilidade quanto às atividades e funções urbanas, assim como a preservação de recursos naturais e a manutenção das atividades econômicas são atributos de cidades que apresentam sustentabilidade em relação à sua estrutura urbana.

A mobilidade e a acessibilidade em um contexto de sustentabilidade incorporam demandas cotidianas dos cidadãos como qualidade do ar, a inclusão social e direito de ir e vir, com foco na promoção de qualidade de vida (Pereira, 2017). São elementos estruturantes que impactam o meio ambiente, a sociedade e as atividades econômicas. Tais temas têm sido incorporados gradativamente nas discussões dos Planos Diretores e dos Planos de Mobilidade dos municípios brasileiros, atrelando ao conceito de sustentabilidade e acessibilidade aos processos de planejamento urbano, da mobilidade e da infraestrutura de transportes (Silva *et al.*, 2007).

Na próxima seção serão apresentados elementos importantes para a caracterização de soluções compartilhadas de mobilidade e acessibilidade para que a oferta de oportunidades nas cidades seja sustentável.

### **2.1. Sistemas de compartilhamento de veículos como instrumentos para promoção de mobilidade e acessibilidade.**

A quarta revolução industrial (Schwab, 2017) tem promovido modificações estruturais nas relações de produção e consumo de bens e serviços em escala global. A movimentação de pessoas e bens de consumo nas cidades também tem sido impactada pelas mudanças tecnológicas disruptivas da indústria 4.0, que promovem novos modelos de atendimento à demanda por transportes, como as soluções de mobilidade por demanda (Freitas, 2017). A Comissão Europeia, que trata o programa de transporte inteligente, verde e integrado, observa que uma mudança de paradigma, envolvendo o uso mais frequente de sistemas adequados à demanda em tempo real, inclusive os sistemas compartilhados, mostra uma tendência de que o transporte nas grandes cidades se desenvolva através da chamada Mobilidade como Serviço (*Mobility as a Service*), que consiste em provedores de transporte oferecendo aos viajantes um

acesso fácil, flexível, confiável, com preço módico e com viagens diárias sustentáveis, coordenando os sistemas coletivos e individuais (Kamargianni *et al.*, 2016), possibilitando maior eficiência e maior qualidade de serviço e de vida para os cidadãos.

O conceito de compartilhamento de veículos é também uma das chaves para o transporte em contexto de sustentabilidade, pois, geralmente, operam como parte do transporte público da cidade, permitindo acesso rápido e fácil ao embarque e desembarque em subsistemas de alta capacidade (Solman e Enoch, 2004). Um desses modelos de oferta de transporte compartilhada são as plataformas de *e-hailing*. A emergente economia compartilhada e a revolução tecnológica permitem melhorar a eficiência do transporte individual e sob demanda (Gonçalves, 2016), fazendo com que sistemas *e-hailing* compartilhados se constituam como a ponte entre o transporte público coletivo e a demanda atual por flexibilidade, um dos diferenciais que agrega valor ao transporte por *e-hailing*. A principal inovação trazida por estes aplicativos é oferecer conexão direta e em tempo real entre passageiros e motoristas, com ganhos de escala nunca alcançados por modelos tradicionais (Rayle *et al.*, 2015 e Shaheen *et al.*, 2015). Os aplicativos permitem que passageiros entrem em contato direto com uma rede de motoristas ou taxistas em tempo real, indicando-lhes o veículo mais próximo ao local de chamada, com filtro de qualidade, oferecendo acessibilidade e diferentes opções de pagamento, trazendo mais segurança e conforto aos passageiros. Adicionalmente, soluções de transporte por *e-hailing* podem proporcionar ao sistema de transporte público coletivo uma maior produtividade, pois articulam o acesso dos passageiros aos sistemas de maior capacidade, viabilizando os últimos quilômetros entre origem e destino, tornando a integração mais eficiente, coordenando a demanda e a oferta de transportes por meio de informações precisas e em tempo real (Gonçalves, 2016).

Viagens em veículos de baixa capacidade com compartilhamento de passageiros associadas a informações de alta qualidade e em tempo real podem criar uma concorrência natural ao uso do veículo particular individual (Cohen e Muñoz, 2016). Essa solução de mobilidade refere-se ao mesmo modo de transporte, com mesmo nível de conforto e conveniência, mas com maior flexibilidade do que o uso de veículos particulares. A integração com sistemas de maior capacidade torna-se mais efetiva, facilitando a adesão dos passageiros, comparando-se com o uso de bicicletas elétricas compartilhadas, scooters, caminhada e sistemas de ônibus por meio de linhas alimentadoras (Madrigal, 2017). Estudos norte-americanos recentes indicaram que cada veículo em operação com viagens compartilhadas é responsável pela supressão de 09 a 12 automóveis privados das ruas (Shaheen *et al.*, 2010). Nesse contexto, uso de soluções de transporte por *e-hailing* gera perspectivas de melhora nas atividades humanas e ambientais, equilibrando aspectos de coesão social e desenvolvimento econômico, de impacto atual e para as gerações futuras de médio a longo prazo.

### 3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Na proposta investigada neste trabalho, o serviço de transporte compartilhado *e-hailing* será ofertado dentro de uma região administrativa, fazendo a ligação bairro-terminais-bairro, não sendo limitado a um tipo de via ou a um itinerário fixo e sim a uma determinada área de atuação, com flexibilidade e conveniência para os usuários. A viabilidade de um sistema de *e-hailing* com rota semifixa preconiza a integração entre o sistema compartilhado e transporte público coletivo, por meio de uma plataforma para solicitações de viagens, modo de pagamento integrado e roteirização da viagem. A abordagem utilizada e os resultados encontrados podem

auxiliar na formulação de políticas relacionadas a transporte na cidade de Belo Horizonte, determinando onde e como implementar serviços compartilhados.

MIT Senseable City Lab (2016) propuseram uma abordagem metodológica para possibilitar a avaliação de potencial de adesão de usuários aos sistemas de mobilidade compartilhados baseados em viagens coletivas de carros passeios. Nesse estudo, mostrou-se que é possível medir o potencial da mobilidade compartilhada considerando dois parâmetros urbanos: (i) características da intensidade da demanda em relação à área da região em análise; e (ii) velocidade média de tráfego nas vias da região. Para determinar a capacidade de compartilhamento de um local, é necessário estudar aspectos locais, de modo a compreender a intensidade com que parâmetros urbanos afetam a proporção de viagens que podem ser compartilhadas (Tachet *et al.*, 2017). Em linhas gerais, regiões que apresentam alta velocidade de tráfego e densidade de demanda, com baixo tempo de viagens, apresentam maior adesão ao sistema de compartilhamento (Mit Senseable City Lab, 2016).

Esse conceito de potencial de uso de mobilidade compartilhada é disruptivo e apresenta metodologia diferente dos modelos já consolidados na literatura, uma vez que considera dados da estrutura espacial e da dinâmica de utilização do sistema viário como indicadores desse potencial. Outras abordagens presentes na literatura enfatizam os locais das estações sem considerar as decisões de realocação de veículos (Lin *et al.*, 2013) ou desconsideram uma área de abrangência, considerando o compartilhamento apenas unidirecional e de uso individual. (Almeida Correia e Antunes, 2012).

Nesse contexto, para determinar qual regional de Belo Horizonte apresenta maior potencial de uso de sistemas compartilhados *e-hailing* para deslocamento até os locais de conexão e embarque nos sistemas de maior capacidade, realizou-se uma adaptação do método proposto pelo projeto MIT Senseable City Lab (2016). Para tanto, foram concebidos indicadores para avaliação desse potencial visando promover uma maior assertividade quanto à adaptação da população à implantação e uso de um sistema de taxi compartilhado, utilizando plataformas *e-hailing* integrado ao serviço de terminais rodoviários nas regionais dessa cidade. O público-alvo do serviço serão usuários do transporte particular individual, com potencial de migração para o serviço de transporte público tronco-alimentador nos bairros com domicílios urbanos, tendo como principal característica a curta quilometragem e agilidade do transporte. O objetivo deste sistema é promover ganhos de escala no transporte de pessoas que realizam viagens entre locais próximos ou na mesma rota para os terminais de integração, aumentando a atratividade do serviço de transporte público, aumentando a oferta de transporte alimentador, agilizando o processo de transbordo entre as alternativas modais, gerando integração tarifaria e aumentando a ocupação dos veículos de pequeno porte.

Foram então calculados dois índices para as regiões administrativas de Belo Horizonte, a saber: (i) índice de densidade da demanda; e (ii) índice de dinâmica de fluxos.

Para cálculo do índice de densidade da demanda ( $ID_i$ ) de cada região administrativa (Equação 1) foi determinado o produto entre: (i) a densidade populacional (habitantes/km<sup>2</sup>) de cada região; (ii) o percentual da população de residentes em cada região que trabalham e/ou estudam em outra regional; e (iii) a taxa de incremento das viagens geradas a partir da região *i* e com destino em outras regiões, por motivos trabalho e estudo, observadas nas duas pesquisas origem-destino. Essa taxa reflete o crescimento da dependência da região em análise *i* de outras

regiões administrativas de Belo Horizonte em relação a atividades essenciais. Foi então calculada a razão entre esse produto e a distância entre os centros geográficos das regionais (centro médio ponderado pela concentração da atividade residencial e econômica) aos terminais de transferência para as demais regiões. Esse denominador foi acrescentado ao indicador com o intuito de valorizar os menores deslocamentos, garantindo a rotatividade do serviço. É importante destacar que, para determinação de distâncias médias entre o ponto de referência onde há concentração de residências e atividade comercial e as estações nas diferentes regionais foram consideradas rotas semifixas. Por rotas semifixas entende-se que a origem e o destino são determinados *a priori* e que as alternativas de caminhos percorridos podem ser alteradas em função das características da demanda.

$$ID_i = \frac{(DP_i \times \%V_{i,ext} \times \Delta V_{i,ext})}{Dist_{i,terminal}} \quad (1)$$

onde  $DP_i$  é a densidade populacional da região  $i$ ;  $\%V_{i,ext}$  é o percentual de viagens com origem na região  $i$  e destino em outras regiões por motivo trabalho ou estudo;  $\Delta V_{i,ext}$  é a taxa de crescimento de viagens com origem na região  $i$  e destino em outras regiões considerando os anos 2002 e 2012; e  $Dist_{i,terminal}$  é a distância entre o ponto de referência onde há concentração de atividade residencial e comercial de cada regional e o respectivo terminal de integração com sistemas de transportes de maior capacidade.

Para determinar o índice de dinâmica de fluxos ( $IF_i$ ) de cada região administrativa levantou-se a extensão (em quilômetros) de todas as vias classificadas como arteriais, coletoras e locais por região administrativa a partir de dados secundários disponibilizados pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL). Por meio de coleta de dados na plataforma Google Transit, no período entre 25 e 31 de maio de 2018, nos horários de pico manhã e tarde, foram registrados dados referentes às velocidades médias de cinco vias amostradas aleatoriamente para cada categoria hierárquica, em cada regional. O objetivo da síntese de informações de velocidade viária é a determinação das velocidades críticas médias de cada regional. Segundo MIT Senseable City Lab (2016), quanto maior a velocidade crítica da região, maior o potencial de viagens realizadas por meio de sistema *e-hailing* compartilhado. Foi feito então o cálculo da média ponderada das velocidades identificadas por nível hierárquico viário em relação à extensão das vias, conforme apresentado na Equação 2.

$$IF_i = \frac{\sum(ext_z \times vel_z)}{\sum ext_z} \quad (2)$$

onde  $ext_z$  é a extensão total de vias de cada categoria na região  $i$  e  $vel_z$  é a velocidade crítica média nos horários de pico em vias de cada categoria na região  $i$ , dado que:

$z = \{arterial, coletora, local\}$ .

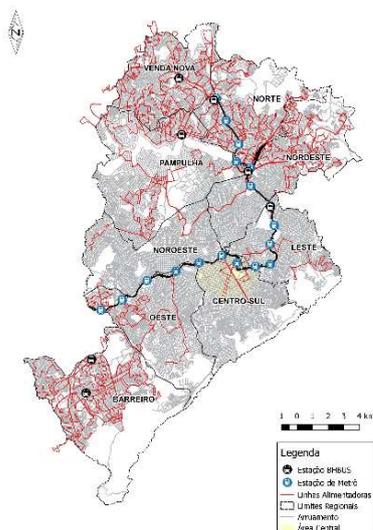
Os dois indicadores obtidos foram relacionados e analisados em forma de gráfico de dispersão, dividido em quadrantes, considerados para classificar as regionais quanto ao potencial de sucesso na implantação de serviços de transporte *e-hailing* compartilhado por meio desses indicadores.

Visando validar os resultados da análise por meio dos indicadores, foi realizada uma comparação entre os resultados obtidos por meio da classificação das regionais em quadrantes e a variação do comportamento populacional, considerando diferentes modos de transporte dentro da própria região. Para tanto foram consideradas as informações geradas pelas pesquisas origem-destino supracitadas. Os modos de transporte considerados foram: (i) carona, (ii) transporte coletivo por ônibus, e (iii) táxi.

Esta proposta metodológica contempla características territoriais como a abrangência geográfica, o perfil de deslocamento da população, a densidade da demanda e as características de tráfego e velocidade crítica das vias. É possível então classificar as regiões conforme o potencial de compartilhamento e rotatividade das viagens, subsidiando decisões quanto à implementação e/ou regulação de soluções de mobilidade não convencionais com foco na promoção de qualidade na mobilidade urbana, potencializando a aplicação de recursos e o sucesso das empresas operadoras de transporte e, conseqüentemente o crescimento urbano sustentável.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As linhas alimentadoras são um complemento do eixo tronco-alimentador de sistemas de transporte público coletivo por ônibus e, conforme estudos apresentados pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, são a principal fonte de reclamações dos usuários que o utilizam o transporte com transbordo, por apresentarem deficiências quanto à qualidade do sistema em relação a atributos como conforto, sincronia da integração e nível de serviço (IDEC, 2016). Na Figura 1 são apresentadas as linhas alimentadoras atualmente utilizadas para alimentação dos terminais integradores nas nove regionais de Belo Horizonte.



**Figura 1:** Apresentação do atendimento atual por meio de linhas alimentadoras

Os dados referentes às regionais que foram considerados tanto para cálculo do Índice de deslocamento (densidade populacional, percentual de residentes que trabalham em outra região, variação percentual de residentes que trabalham em outra região e distância entre o centro da regional e o respectivo terminal integrador) como para o Índice de dinâmica de fluxos (velocidade crítica média na hora pico), conforme apresentado na seção de abordagem metodológica, são apresentados na Tabela 1.

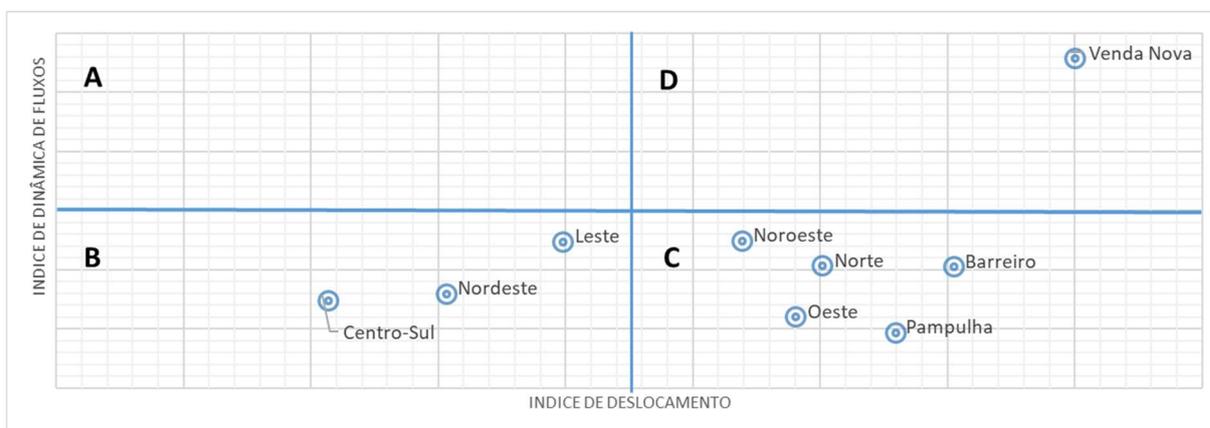
**Tabela 1:** Atributos e índices determinados para análise do potencial de utilização do sistema compartilhado por regional para Belo Horizonte (2002-2012)

Regional	Densidade Populacional (hab./km <sup>2</sup> )	% de residentes que trabalham em outra região	Viagens geradas por região de domicílio para outras regiões de BH	Distância do centro regional ao terminal integrador (km)	Velocidade crítica média - hora-pico (km/h)	Índice de deslocamento	Índice de dinâmica de fluxos
Venda Nova	8.717	60%	81%	1,50	23	2.839	23
Leste	8.987	67%	54%	2,50	19	1.291	18,9
Centro-Sul	8.208	25%	58%	1,50	17	793	17,1
Norte	5.845	69%	73%	2,70	21	1.084	21
Oeste	8.030	64%	46%	3,60	21	655	20,8
Noroeste	8.840	62%	71%	3,00	20	1.299	20,3
Nordeste	6.922	65%	76%	4,00	18	850	18
Pampulha	3.082	67%	81%	3,20	22	523	21,5
Barreiro	4.900	56%	83%	2,10	22	1.078	22

Analisando o índice de deslocamento, é possível inferir que a região de Venda Nova possui o maior indicador (2.839), o que significa que ela possui a melhor relação entre concentração populacional, dependência de interação com outras regiões e a distância entre o raio do centro aos terminais. Essa regional foi seguida pelas regiões Noroeste (1.299), Leste (1.291), Norte (1.084), Barreiro (1.078), Nordeste (850), Centro-Sul (793), Oeste (655) e Pampulha (523).

Quando analisado, de forma isolada, o índice de dinâmica de fluxos, Venda Nova também apresenta o maior indicador (23,0 nos horários de pico), o que significa que no período crítico de congestionamento, as vias da região apresentam uma maior velocidade média e, conseqüentemente, mais fluidez no trânsito. Essa regional é seguida pelas demais regionais no Barreiro (22,0), Pampulha (21,5), Norte (21,0), Oeste (20,8), Noroeste (20,3), Leste (18,9), Nordeste (18,0) e Centro-Sul (17,1).

Ao relacionar os índices de maneira gráfica (Figura 2), é possível identificar as regionais que apresentam tanto maior potencial de demanda (índice de deslocamento) e maior adequação do nível de serviço viário (índice de dinâmica de fluxo), o que indica que há maior potencial de utilização do sistema compartilhado para transporte de passageiros em avaliação.



**Figura 2:** Análise das regionais considerando os índices de deslocamento e de dinâmica de fluxos

Nenhuma regional se enquadrava no quadrante “A”, o que indica que não há áreas no município de Belo Horizonte que apresentem, simultaneamente, baixo potencial de demanda para sistemas

compartilhados de transporte de passageiros com rotas semifixas e fluidez no tráfego. As regiões Centro-Sul, Nordeste e Leste se enquadraram no quadrante “B”, indicando que o sistema em análise não apresenta potencial de utilização. As regiões Noroeste; Oeste; Norte; Pampulha e Barreiro foram classificadas no quadrante “C”, indicando potencial demanda em função de dependência de outras regionais para trabalho e educação, mas com baixa fluidez no tráfego. A única regional que apresenta forte potencial para receber o serviço proposto, classificada no quadrante “D”, foi a região de Venda Nova.

Na Tabela 2 são apresentadas as variações percentuais de utilização dos modos de transporte para deslocamentos de pessoas por regional para Belo Horizonte (2002-2012). Ao comparar a variação do comportamento da população que reside nas regiões nos deslocamentos intrarregiões, observou-se que a região administrativa de Venda Nova apresentou a segunda maior variação positiva de adesão aos serviços de carona e taxi e a menor variação quanto ao uso do serviço de transporte público coletivo por ônibus. Esse comportamento confirma as análises realizadas por meio dos índices determinados conforme abordagem metodológica proposta. Entretanto, as indicações de mudança da escolha modal para a regional Barreiro apresentam movimento evidente para uso de sistemas individuais e compartilhados, o que não pode ser interpretado por meio dos resultados da análise proposta neste trabalho. A regional Barreiro, na análise da relação entre os indicadores apresentada na Figura 2, apresenta elevado índice de deslocamento. Torna-se importante investigar a possível necessidade de atribuição de pesos para os índices considerados na avaliação do potencial de uso de sistemas de transporte compartilhado *e-hailing* de baixa capacidade.

**Tabela 2:** Variações percentuais de utilização dos modos de transporte para deslocamentos de pessoas por regional para Belo Horizonte (2002-2012)

Regional	Variação percentual de uso dos modos		
	Carona	Ônibus	Taxi
Venda Nova	<b>77%</b>	-24%	<b>800%</b>
Leste	<b>3%</b>	-73%	-24%
Centro Sul	-60%	-78%	<b>7%</b>
Norte	<b>59%</b>	-38%	0%
Oeste	<b>24%</b>	-62%	<b>127%</b>
Noroeste	-26%	-69%	<b>3%</b>
Nordeste	<b>26%</b>	-57%	<b>58%</b>
Pampulha	-14%	-60%	-11%
Barreiro	<b>89%</b>	-39%	<b>1400%</b>

## 5. Considerações Finais e Estudos Futuros

Baseado nos resultados da implementação da proposta metodológica apresentada e em sua comparação com a mudança da estrutura de uso dos sistemas atualmente ofertados, é possível inferir que a região que apresenta maior potencial de utilização do transporte compartilhado de baixa capacidade, por meio de *e-hailing*, é a regional Venda Nova. Nessa regional, identificou-se o melhor índice referente ao deslocamento de veículos até os terminais de integração, refletindo em boas condições de compartilhamento de viagens e uma maior adesão a serviço de carona e táxi. Outras duas regiões que merecem atenção e apresentam índices que indicam que o serviço proposto pode ter adesão são as regionais Barreiro e Norte, uma vez que a população apresenta comportamento semelhante àquela da regional Venda Nova no uso de modos de

transporte dentro da própria região, boas condições de deslocamento de veículos. Entretanto, essas duas regionais precisam desenvolver condições para o compartilhamento das viagens.

Em termos operacionais, para garantir a efetividade do serviço, a integração entre o sistema troncal e o serviço compartilhado deverá ser realizada por meio de ferramentas que incorporem a tecnologia 4.0. Como exemplos tem-se a necessidade de comunicação entre os veículos de sistemas de maior capacidade (ônibus e metrô) com os veículos do sistema compartilhado visando a troca de informações referente à localização e outras condições operacionais que possam gerar impactos negativos no nível de serviço ao usuário. Ainda, interface com múltiplas plataformas como *smartphones*, *tablets* e *totens* físicos online devem ser implementadas para que haja universalidade de acesso aos sistemas *e-hailing* como soluções de mobilidade.

Quanto à contribuição metodológica, é possível afirmar que análise de relação entre os índices de densidade e de dinâmica de fluxos permite avaliar a dependência da população residente de uma região administrativa em relação a outra para a consolidação de suas atividades diárias sob aspectos econômicos e sociais. Entretanto, cabe ressaltar que um melhor ajuste da relação entre os índices deve ser investigado por meio, por exemplo, da atribuição de pesos para cada um desses indicadores. Ainda, recomendam-se estudos adicionais para um maior entendimento da demanda latente para o uso de transporte compartilhado de baixa capacidade por meio de *e-hailing* e do respectivo impacto na redução do congestionamento após a implementação deste serviço.

#### **Agradecimentos:**

Os autores agradecem a UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais e ao CEFET / MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais por apoio à pesquisa e incentivos acadêmicos.

#### **REFERENCIAS:**

- ALMEIDA CORREIA, Gonçalo Homem; ANTUNES, António Pais. Optimization approach to depot location and trip selection in one-way carsharing systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 48, n. 1, p. 233-247, 2012.
- ANDERSON, Donald N. “Não é só um táxi”? Roleharing, estratégias de motorista e VMT com fins lucrativos. *Transporte*, v. 41, n. 5, p. 1099-1117, 2014.
- AYURE, Duban Alejandro Mestizo; FERREIRA, Amanda Fernandes; LEITE, Aline Damaceno. Contextualização da Integração do Transporte Público “SITP” o Caso Bogotá. *Ingeniería de Transporte*, v. 18, n. 2, 2016.
- BHTRANS - Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte. Disponível em < <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans> > Belo Horizonte.2018.
- BHTRANS - Manual das Pesquisas Origem e Destino 2002 e 2012., 2016. 145p
- BOYACI, Burak; ZOGRAFOS, Konstantinos G.; GEROLIMINIS, Nikolas. Uma estrutura de otimização para o desenvolvimento de sistemas eficientes de compartilhamento de carros unidirecionais. *Revista Européia de Pesquisa Operacional*, v. 240, n. 3, p. 718-733, 2015.
- CNT - Confederação do Transporte: NTU Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbanos. Pesquisa mobilidade da população urbana. Brasília. 2017.
- COHEN, Boyd; MUNOZ, Pablo. Sharing cities and sustainable consumption and production: towards an integrated framework. *Journal of Cleaner Production*, v. 134, p. 87-97, 2016.
- DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito, disponível em < <http://www.denatran.gov.br/estatistica>> acesso em 01 de maio de 2018.
- FREITAS, Arnold de Araujo. A internet das coisas e seus efeitos na indústria 4.0. 2017.
- GONÇALVES, C.L.R. As plataformas de e-hailing presentes no ecossistema de mobilidade urbana no Brasil: Um estudo de múltiplos casos. Dissertação (Mestrado em Administração); Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- HE, Fang.; SHEN, Zou-Jun Max. Modeling taxi services with smartphone-based e-hailing. *Transportation Research: Emerging Technologies*. Elsevier, v. 58, p. 93-106, 2015.
- IDEC - Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, disponível em < <https://idec.org.br/programas>

- tematicos/mobilidade> acesso em 03 de abril de 2018
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: Ipea, Mobilidade Urbana Sustentável: Conceitos, Tendências e Reflexões. Rio de Janeiro. Brasília 2016.
- KAMARGIANNI, Maria; LI, Weibo; MATYAS, Melinda; SCHAFER, Andreas. A critical review of new mobility services for urban transport. *Transportation Research Procedia*, v. 14, p. 3294-3303, 2016.
- LITMAN, Todd. The new transportation planning paradigm. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, v. 83, n. 6, p. 20, 2013.
- LIN, Jenn-Rong; YANG, Ta-Hui; CHANG, Yu-Chung. A hub location inventory model for bicycle sharing system design: Formulation and solution. *Computers & Industrial Engineering*, v. 65, n. 1, p. 77-86, 2013.
- MACHADO, Laura; PICCININI, Lívia Salomão. Os desafios para a efetividade da implementação dos planos de mobilidade urbana: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 10, n. 1, 2018.
- MADRIGAL, A.C. - Will Uber and Lyft Become Different Things. *The Atlantic 2018*, disponível em <<https://medium.com/the-atlantic/will-uber-and-lyft-become-different-things-2d0442472a15>> Acessado em 15 de junho de 2018.
- MIT. Senseable City Lab, disponível em <<http://senseable.mit.edu/shareable-cities>> Acessado em 10 de abril de 2018.
- MULLEY, Corinne; NELSON, John D. Flexible transport services: A new market opportunity for public transport. *Research in Transportation Economics*, v. 25, n. 1, p. 39-45, 2009.
- NIE, Yu Marco. How can the taxi industry survive the tide of ridesourcing? Evidence from Shenzhen, China. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 79, p. 242-256, 2017.
- PEREIRA, R.C. Mobilidade Urbana Sustentável: Alternativas Energéticas para o Transporte Coletivo Urbano no Município de Campinas/SP-PUC-Campinas. Campinas. 2017
- PBH - Prefeitura de Belo Horizonte - Programa de estruturação Viária de Belo Horizonte - VIURBS (2008). Relatório Síntese Prefeitura de Belo Horizonte, Abril 2008.
- RAYLE, Lisa; DAI, Danielle; CHAN, Nelson; CERVERO, Robert; SHAHEEN, Susan. Just a better taxi? A surveybased comparison of taxis, transit, and ridesourcing services in San Francisco. *Transport Policy*, v. 45, p. 168-178, 2015.
- SCHWAB, Klaus. *The fourth industrial revolution*. Crown Business, 2017.
- SHAHEEN, Susan; COHEN, Adam; MARTIN, Elliot. Carsharing parking policy: Review of north american practices and San Francisco, california, bay area case study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2187, p. 146-156, 2010.
- SIQUEIRA, A.H. Arquitetura da informação: uma proposta para fundamentação e caracterização da disciplina científica. (Doutorado em Ciência da Informação) Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- SILVA, Antônio Nelson Rodrigues; SILVA COSTA, Marcela; MACEDO, Márcia Helena. Multiple views of sustainable urban mobility: The case of Brazil. *Transport Policy*, v. 15, n. 6, p. 350-360, 2008.
- SOCHOR, Jana; ARBY, Hans; KARLSSON, I.C. MariAnne; SARASINI, Steven. A topological approach to Mobility as a Service: A proposed tool for understanding requirements and effects, and for aiding the integration of societal goals. In: 1st International Conference on Mobility as a Service (ICOMaaS), Tampere, Finland, November 28-29, 2017. 2017.
- SOLMAN, David.; ENOCH, Marcus. Integration of car sharing (city car clubs) into urban planning and management. For integration into: Urban Planning Work Package 5 (WP5) MOSES (Mobility Services for Urban Sustainability) Project. European Commission DG Research, 5th Framework Programme, City of Tomorrow, 2004.
- STEENBRUGGEN, John; BORZACCHIELLO, Maria Teresa; NIJKAMP, Peter; SCHOLTEN, Henk. Mobile phone data from GSM networks for traffic parameter and urban spatial pattern assessment: a review of applications and opportunities. *GeoJournal*, v. 78, n. 2, p. 223-243, 2013.
- TACHET, Remi; SAGARRA, Oleguer; SANTI, Paolo; RESTA, Giovanni; ZELL, Michael. Scaling law of urban ride sharing. *Scientific reports*, v. 7, p. 42868, 2017.
- TOMTOM. TomTom traffic index – measuring congestion worldwide. Site TomTom. Disponível em <[www.tomtom.com/pt\\_br/trafficindex/](http://www.tomtom.com/pt_br/trafficindex/)>, 2016. Acessado em fevereiro de 2017.
- VINAYAK, Pragnu; DIAS, Felipe; ASTROZA, Sebastian; BHAT, Chandra; PENDYALA, Ram; GARIKAPATI, Venu. Accounting For Multi-dimensional Dependencies Among Decision-makers Within a Generalized Model Framework: An Application to Understanding Shared Mobility Service Usage Levels. 2018.
- VIEIRA, Vaninha; SALGADO, Ana Carolina; TEDESCO, Patricia; TIMES, Valeria Cesario. The UbiBus project: Using context and ubiquitous computing to build advanced public transportation systems to support bus passengers. *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, p. 55-60, 2012.
- VUCHIC, Vukan. *Urban transit: operations, planning, and economics*. John Wiley & Sons, 2017.
- WRI BRASIL (2016), *Caderno de Cidades Sustentáveis*. Rio de Janeiro, 2016.