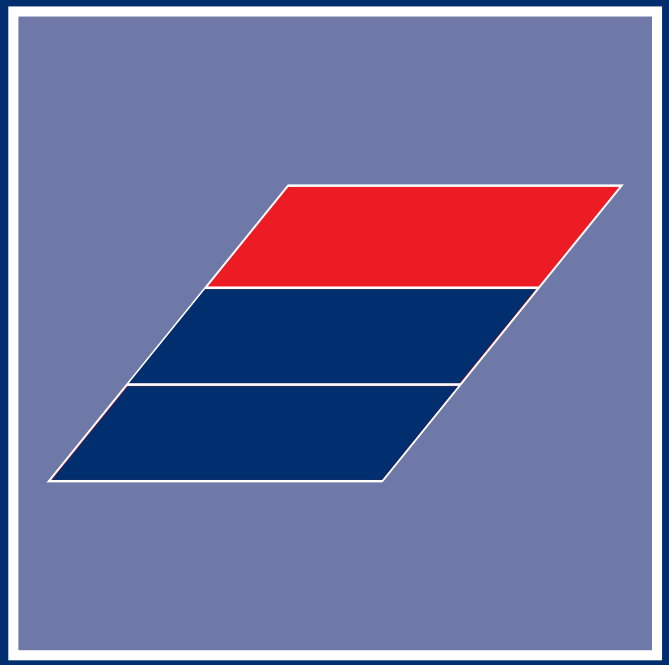


REVISTA DOS TRANSPORTES PÚBLICOS

ANO 41, 2º QUADRIMESTRE 2019

152

Associação Nacional de Transportes Públicos
Biblioteca ANTP
2011
www.antp.org.br

Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP

A ANTP, fundada em 1977, é uma associação civil de caráter privado, sem fins lucrativos, que tem por objetivo promover ações que contribuam para a garantia do direito ao transporte público de qualidade, à cidadania no trânsito e à mobilidade urbana sustentável, assim como promover e difundir estudos e conhecimento especializado sobre questões referentes à mobilidade urbana, transporte, trânsito e saúde, abrangendo as dimensões técnico-científicas, políticas, sociais, culturais, econômicas, ambientais e urbanísticas, incluídas ações de pesquisa, preservação e comunicação.

Com sede na cidade de São Paulo, possui um escritório em Brasília e sete coordenações regionais - Espírito Santo, Minas Gerais, Norte, Nordeste, Paraná, Rio de Janeiro e Centro-Oeste. Conta com associados dos setores públicos e privados de todos os segmentos, como prefeituras municipais e órgãos públicos em geral, indústria, operadores de transporte, consultorias, sindicatos patronais e de trabalhadores, universidades e organizações não governamentais. A entidade mantém em funcionamento permanente comissões técnicas e grupos de trabalho que reúnem cerca de centenas de técnicos que trabalham de forma voluntária sobre questões específicas, produzindo, sistematicamente, estudo, proposições e projetos de grande significado para a mobilidade urbana.

A ANTP promove, bienalmente, o Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito e, periodicamente, seminários, cursos e outros eventos destinados ao debate e busca de soluções para os problemas de mobilidade nas cidades brasileiras.

A ANTP edita desde 1978 a *Revista dos Transportes Públicos*, com 152 edições publicadas, o informativo eletrônico semanal, assim como *Manuais Técnicos* e *Cadernos Técnicos*, sempre com a mesma finalidade de difundir estudos e experiências mais importantes realizadas no transporte urbano no Brasil e na América Latina. A ANTP publicou três livros de referência para o setor – o primeiro em 1997, o segundo em 2003 e o terceiro em 2007, reunindo as melhores experiências de transporte e trânsito no País.

A ANTP mantém um Portal na Internet (www.antp.org.br), diariamente atualizado, com informações relevantes sobre o tema da mobilidade urbana produzidas no setor ou publicadas nos grandes jornais do País, além de artigos técnicos, agenda de eventos, entre outras informações. No Portal da ANTP é mantida ainda uma biblioteca com todo o acervo técnico produzido pela ANTP em todas as suas frentes de atuação, onde estão catalogados mais de cinco mil documentos em meio digital, que podem ser acessados livremente por qualquer pessoa.

Criado em 1995, o Prêmio ANTP de Qualidade foi instituído com o objetivo de estimular as entidades atuantes no transporte urbano na busca da excelência dos serviços prestados e na melhoria da qualidade do transporte e da gestão empresarial, cumprindo um importante papel ao longo destes 22 anos, tendo realizado mais de 300 eventos, dos quais participaram mais de 20 mil profissionais, contribuindo dessa maneira para a capacitação e o incentivo para a implantação nas empresas do Modelo de Excelência de Gestão (MEG). Encerrada esta etapa, a ANTP vem estruturando outros projetos alinhados com a estrutura do MEG.

A ANTP secretaria as atividades do Fórum Nacional de Secretários e Dirigentes Públicos de Mobilidade Urbana e dos Fóruns Regionais: Mineiro, Paulista e Paranaense.

A ANTP tem desenvolvido importantes parcerias com entidades nacionais, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, Instituto Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea, Ministério da Saúde, Ministério das Cidades, Ministério de Ciência e Tecnologia e a Frente Nacional de Prefeitos, como também no âmbito internacional com o Banco Mundial e com a Bernard van Leer Foundation.

Com o apoio do BNDES e do Ministério das Cidades implantou o Sistema de Informações de Mobilidade - Simob, atualizado anualmente e acessível no Portal da ANTP, que apresenta indicadores temáticos – economia, mobilidade, custos para os usuários, uso de recursos humanos, usos de energia e emissão de poluentes – que permitem apoiar as decisões das políticas voltadas à mobilidade.

ANTP
Rua Marconi, 34, 2º andar, conj. 21 e 22, República, CEP 01047-000, São Paulo, SP, Brasil
Tel.: (11) 3371-2299, fax: (11) 3253-8095
Email: antpsp@antp.org.br, home page: www.antp.org.br

EDITORIAL
ANTP: 42 anos de história

PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE
Planejamento estratégico da mobilidade urbana sustentável: um procedimento simples baseado em três etapas

METODOLOGIA
Metodologia TOD, uma análise da oferta x demanda por transportes

ELETROMOBILIDADE
Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil

MOBILIDADE A PÉ
Caminhabilidade como instrumento de mobilidade urbana: reflexões sobre a realidade de Belo Horizonte

TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO
Macroacessibilidade e transporte público coletivo: indicadores aplicados à Região Metropolitana de Goiânia

TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO
Financiamento, subsídios e equidade do transporte público: uma análise bibliométrica das publicações

Ano 41 • 2º quadrimestre 2019 • nº 152

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Revista dos Transportes Públicos - ANTP

Publicação da
Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP
Destinada a difundir informações e estudos sobre
transporte público de passageiros, trânsito e mobilidade urbana
ISSN 0102 - 7212

Conselho editorial
Ana Odila de Paiva Souza
Antonio Carlos de Moraes
Ayrton Camargo e Silva
Carlos Paiva Cardoso
César Cavalcanti de Oliveira
Cláudio de Senna Frederico
Eduardo Alcântara Vasconcellos
Eli Bensoussan Canetti
Helcio Raymundo
João Alberto Manaus
Laura Ceneviva
Marcos Pimentel Bicalho
Peter L. Alouche
Regis Rafael Tavares da Silva
Renato Nunes Balbim
Rogerio Belda

Diretor técnico — Peter L. Alouche
Editor — Alexandre Pelegi
Secretária de edição — Andréia Lopes Catharina

Preparação de texto — Regina Maria Nogueira

Produção gráfica — PW Gráficos e Editores Associados
Redação — Rua Marconi, 34 - 2º andar, conjs. 21 e 22, República
01047-000, São Paulo, SP
Tel.: (11) 3371-2299 - Fax: (11) 3253-8095

A qualidade das imagens expostas nos artigos não é responsabilidade da ANTP. Isso depende da resolução dos originais enviados pelos autores. Gráficos, tabelas, fotos, ilustrações têm tratamento limitado quanto à qualidade, principalmente quando os arquivos originais possuem baixa resolução. Solicitamos sempre aos autores que esta regra seja cumprida, exatamente para não prejudicar a compreensão do artigo.

Encaminhado um exemplar à Biblioteca Nacional em cumprimento à Lei do Depósito Legal. Decreto Federal 1.825 de 20.12.1907.

Sumário

5 EDITORIAL
ANTP: 42 anos de história
Alexandre Pelegi

7 PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE
Planejamento estratégico da mobilidade urbana sustentável: um procedimento simples baseado em três etapas
Licínio da Silva Portugal, Andréa Justino Ribeiro Mello, Gregório Costa Luz de Souza Lima e Diana Scabelo da Costa Pereira da Silva Lemos

27 METODOLOGIA
Metodologia TOD, uma análise da oferta x demanda por transportes
Geraldo Freire Garcia

53 ELETROMOBILIDADE
Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil
Gregório Costa Luz de Souza Lima, Gabriel Lassery Rocha da Silva e Genezio dos Santos Albuquerque Neto

73 MOBILIDADE A PÉ
Caminhabilidade como instrumento de mobilidade urbana: reflexões sobre a realidade de Belo Horizonte
Leandro Cardoso, Izabela Ribas Vianna de Carvalho e Nilson Tadeu Ramos Nunes

95 TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO
Macroacessibilidade e transporte público coletivo: indicadores aplicados à Região Metropolitana de Goiânia
Ana Stéfany da Silva Gonzaga

109 TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO
Financiamento, subsídios e equidade do transporte público: uma análise bibliométrica das publicações
Gabriella Vitorino Guimarães e Marcelino Aurélio Vieira da Silva

125 **Entidades associadas**

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

EDITORIAL

ANTP: 42 anos de história

Alexandre Pelegi
Editor da Revista dos Transportes Públicos
E-mail: alepelegi@gmail.com

Num 30 de junho, há exatos 42 anos, nascia a ANTP.

Sempre presente na discussão dos principais problemas da mobilidade, a Associação atuou de inúmeras maneiras, ora sugerindo soluções, ora participando, ao lado de outras entidades, na elaboração de projetos, se esforçando em interpretar as alternativas e determinar diagnósticos escorados em criteriosas análises técnicas.

Realizar congressos e seminários, além de produzir conhecimento técnico para auxiliar na resolução dos graves problemas da mobilidade urbana, tem sido a missão da ANTP desde sua fundação há mais de quatro décadas.

Uma consulta à nossa biblioteca, cruzando os temas impactantes de cada época com artigos e ensaios produzidos então, demonstrará essa sincronia entre o problema, sua reflexão e, muitas vezes, as soluções possíveis para compreendê-lo, buscar formas de resolvê-lo ou, em última instância, mitigar seus efeitos.

Isso pode ser corroborado numa visita às milhares de comunicações técnicas apresentadas em nossos vinte congressos, às centenas de artigos publicados nas mais de 150 edições da *Revista dos Transportes Públicos* (desde 1978), às publicações específicas presentes em vários cadernos e revistas técnicas produzidos em todos esses anos.

Não há tema que já não tenhamos debatido e estudado à exaustão. Ou que não tenhamos divulgado para abrir o debate e permitir ampla participação de técnicos e especialistas na busca por melhor compreensão e melhorias.

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

Um simples exemplo pode ser visto no ano de 1979, quando nossa *Revista*, então em seus primórdios, divulgava estudos do Ministério dos Transportes na época em que este propunha o estímulo a corredores e faixas exclusivas de ônibus. Nesta mesma edição, um artigo, decorrência de um debate iniciado em nosso 2º congresso realizado em Porto Alegre no ano de 1979, apresentava a inédita proposta de criação do vale transporte.

Ainda em 1979, o ônibus padron resultava de um projeto proposto pela ANTP e desenvolvido pelo Geipot e Empresa Brasileira de Transportes Urbanos – EBTU. Da mesma forma, nossa marca esteve presente de forma decisiva na construção e aprovação da Lei Federal 9.503 que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, promulgada em 23 de setembro de 1997 pelo Congresso Nacional, que colocou a segurança, a vida humana e os cidadãos como focos centrais. Podemos falar da criação da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano no Governo Federal e, em seguida, do Estatuto das Cidades, que se tornaram os embriões do Ministério das Cidades, criado para dar atenção, convergência e integração às políticas públicas urbanas; o Estatuto do Idoso; o Estatuto da Pessoa com Deficiência; o Estatuto das Metrópoles e a Política Nacional de Mobilidade Urbana.

A esses exemplos podemos somar inúmeros outros e de diversos temas tão importantes quanto, mas deixamos ao leitor e a seu espírito investigativo o prazer de descobrir a riqueza da contribuição que fornecemos ao mundo dos transportes públicos.

Uma instituição assim, escorada em 42 anos de contribuições inestimáveis a estudiosos e gestores públicos, a governos e empresas operadoras, a universidades e fundações, a associações da sociedade civil, independente de paixões partidárias ou injunções de natureza política, deixou sua marca de forma indelével no mundo da mobilidade. Impossível falar hoje de qualquer tema da área da mobilidade sem citar um estudo sobre ele em nossa biblioteca; ou um debate realizado em um de nossos congressos e seminários; ou um artigo, por menor que seja, presente em uma de nossas publicações técnicas. Não à toa, fomos (e somos) parceiros das principais entidades e instituições públicas e privadas do mundo do conhecimento.

Planejamento estratégico da mobilidade urbana sustentável: um procedimento simples baseado em três etapas

Licínio da Silva Portugal
E-mail: licinio@pet.coppe.ufrj.br

Andréa Justino Ribeiro Mello
E-mail: andreajribeiro@yahoo.com.br

Gregório Costa Luz de Souza Lima
E-mail: gregorioluz@pet.coppe.ufrj.brdiana

Diana Scabelo da Costa Pereira da Silva Lemos
E-mail: diana.scabelo@gmail.com

Programa de Engenharia de Transportes – PET-Coppe/UFRJ

Agradecimentos: Ao apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e da Rede Ibero-Americana de Estudo em Polos Geradores de Viagens – RedPGV (ver http://redpgv.coppe.ufrj.br)

Atualmente, há um reconhecimento mundial sobre a importância da elaboração de planos de mobilidade urbana comprometidos com a sustentabilidade, porém sua formulação ainda representa um obstáculo a ser superado em termos teóricos e práticos (Mello e Portugal, 2017).

No caso brasileiro, a Política Nacional de Mobilidade Urbana, promulgada pela Lei nº 12.587 em 2012, instituiu a obrigatoriedade de elaboração do plano de mobilidade urbana até 2015 para todos os municípios com população acima de 20 mil habitantes. Em 2016, a Lei nº 13.406 prorrogou o prazo para seis anos (2018) e, em 2018, a Lei nº 13.683 estendeu o prazo para mais um ano, permitindo aos municípios desenvolverem seus planos até 2019.

A despeito da obrigatoriedade, apenas 9% (197) dos municípios declararam possuir o Plano de Mobilidade Urbana – PMU elaborado, correspondendo a 27% da população brasileira (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019). Segundo Costa, Martorelli e Moura (2018), menos da metade das cidades com mais de 500 mil habitantes cumpriram esta exigência legal e, em relação às cidades com até 100 mil habitantes, nenhum dos planos analisados contemplou os onze pontos especificados em lei, não atendendo, dessa forma, o conteúdo mínimo previsto.

Vale ressaltar que esta baixa adesão se dá sob o risco de os municípios serem punidos com a perda de recursos destinados a este setor,

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

no caso de não cumprirem a exigência de elaboração do PMU (Costa, Martorelli e Moura, 2018). Talvez este risco não seja levado a sério devido às sucessivas prorrogações de prazos que vêm ocorrendo.

Os números observados revelam uma baixa disposição dos municípios em aproveitar esta oportunidade para melhorar as condições de mobilidade tipicamente precárias em nossas cidades como sugerem vários autores (Vasconcellos, 2014; Cervero, 2013; Portugal *et al*., 2010). Isto parece sinalizar que as prefeituras e mesmo seu corpo técnico e a própria sociedade não acreditam ou não têm consciência do papel transformador do PMU a ponto de se empenhar por sua realização e implantação.

Este cenário, ao contrário do que se pode pensar, não se restringe às pequenas e médias cidades. Ele se estende às de maior porte, com estruturas e instituições locais dedicadas ao planejamento de transportes, que também enfrentam dificuldades para cumprir com a obrigação legal estabelecida no nível federal.

Dificuldades também são vistas em outros países, porém em diferentes proporções. May (2015), a partir de uma avaliação sobre a implementação da política de elaboração de planos de mobilidade na União Europeia, apontou desafios como a falta de experiência do corpo técnico na elaboração de soluções e o financiamento inapropriado, tanto para a preparação do plano quanto para sua implantação.

No Brasil, segundo Alves, Humberto e Siqueira (2018), uma multiplicidade de fatores pode explicar a baixa adesão à PNMU, alguns dos quais relacionados a questões ligadas à etapa metodológica de elaboração do PMU.

Reverter este quadro é um desafio (Bertolini, 2012) não só para o Brasil e demais países em desenvolvimento (ONU-Habitat, 2014; Cervero, 2013), mas especialmente para toda a comunidade técnica e científica que atua neste campo, em termos conceituais e metodológicos, contribuindo para a elaboração de planos e estudos de mobilidade mais compatíveis com as características locais (Banister, 2008).

Nesse sentido, o uso de ferramentas e metodologias apropriadas para suportar o processo decisório, em conformidade com uma abordagem integrada da mobilidade e de uma visão global da política de transporte urbano, é fundamental (Trip, 2013 *apud* Mancini e Rodrigues da Silva, 2013). Isto se mostra mais premente, considerando-se que a concepção e a implementação de medidas destinadas a estimular o uso de modalidades e padrões de viagens mais sustentáveis ainda desafiam planejadores e gestores urbanos (Sperry *et al*., 2009; Cervero e Arrington, 2008).

Devido a esse panorama, este artigo tem o propósito de apresentar um procedimento simples, aderente às especificidades de nossas cidades

– conhecidas pela desigualdade (Barbosa, 2016; Cervero, 2013) – e capaz de apoiar o desenvolvimento de PMU. Tal procedimento destina-se à caracterização do problema e ao diagnóstico estratégico do Sistema de Mobilidade Urbana Sustentável (SMUS), baseados em dados agregados dos padrões de viagens na escala urbana ou metropolitana. A partir destas duas etapas, pretende-se formular as medidas de acessibilidade comprometidas com os reais anseios de mobilidade da população com foco na sustentabilidade. Este procedimento se inspira na concepção defendida por Mello e Portugal (2017) e Portugal e Silva (2017), na qual o protagonismo no planejamento da mobilidade é da "mobilidade sustentável" e a acessibilidade é usada como um instrumento fundamental para promovê-la.

1. CRÍTICA ÀS ABORDAGENS TRADICIONAIS DO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

A complexidade que envolve a relação entre transportes e sustentabilidade tem tornado mais visíveis as fragilidades das abordagens tradicionais do planejamento dos transportes e acentuado as críticas direcionadas a elas (Mello e Portugal, 2017; Herce, 2009; Banister, 2008). E isto tem realçado a necessidade de uma concepção mais ampla, interdisciplinar, intersetorial e multimodal, para melhor compreender e planejar esta relação (Mello, 2015).

Uma das principais fragilidades está associada à ênfase na dimensão quantitativa da mobilidade (Herce, 2009; Banister, 2008), ao privilegiar e valorizar aspectos como a velocidade, a fluidez e o uso do automóvel (Litman, 2008), num movimento em que a demanda por infraestrutura viária é a variável chave (como ocorre na lógica "prever e prover") dos planos de mobilidade. Este enfoque, além de consolidar padrões de viagens resultantes de uma organização do espaço urbano não sintonizada com a sustentabilidade, está desconectado da desejada integração entre transportes e uso do solo (Rivas, 2014).

Assim, para o planejamento adequado da mobilidade, práticas e procedimentos metodológicos alternativos se justificam (Garcia *et al*., 2018). Com esta direção, novas formulações emergiram, orientadas à incorporação dos conceitos de "acessibilidade" e de "mobilidade sustentável" (Holden, Gilpin e Banister, 2019; Bertolini, 2017; Banister, 2011), envolvendo mudanças de paradigma e um espaço a ser melhor investigado.

Nesse contexto, o presente artigo lida com o desafio de propor e discorrer sobre um procedimento que suporte o processo de planejamento estratégico da mobilidade urbana sustentável. E que seja amparado na relação de causa e efeito entre acessibilidade e mobilidade, ao mesmo tempo em que se mostre efetivo e simples de ser utilizado pelos

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

planejadores e gestores das cidades. Portanto, enquanto nos moldes do planejamento tradicional uma dada demanda de viagens é vista como protagonista, nesta proposta, o protagonismo é da mobilidade sustentável a ser alcançada. Ou seja: dados os padrões de viagens (mobilidade) existentes e definindo aqueles que se deseja alcançar (mobilidade sustentável), buscam-se estratégias articuladas entre transportes e uso do solo (acessibilidade) para atingi-los.

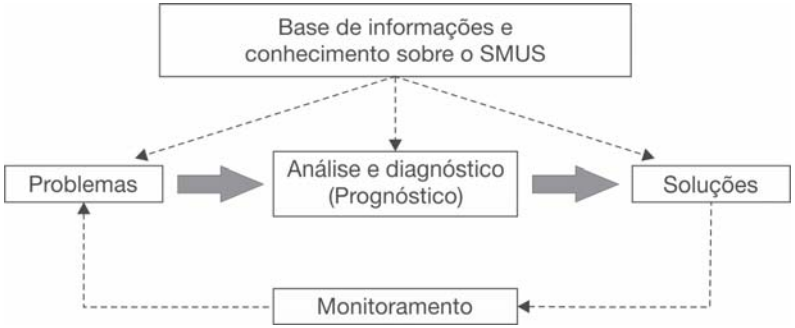
2. O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES E DA MOBILIDADE

A literatura consultada apresenta uma diversidade de estruturas usadas no processo de planejamento de transportes (seja estratégico, tático ou mesmo operacional) com níveis distintos de complexidade (Meyer, 2016).

Ainda de acordo com a revisão bibliográfica (Garcia *et al*., 2018; Garcia, 2016), verifica-se que, nas metodologias tradicionais de planejamento, as etapas de compreensão do problema e do diagnóstico no nível estratégico são comparativamente menos enfatizadas, produzindo cenários que não necessariamente refletem os desejos dos usuários e, consequentemente, soluções distantes da realidade. Nesta nossa proposta, entretanto, estas etapas são valorizadas. Nessa direção, e na busca por uma estrutura simples, três etapas se destacam: caracterização do problema (seção 3), diagnóstico (prognóstico) (seção 4) e soluções (seção 5).

Estas três etapas se articulam em um ciclo retroalimentado e se baseiam em dados e informações sobre o SMUS, em particular os padrões de viagens, como mostrado esquematicamente na figura 1. Salienta-se ainda que o alvo é a escala global, que abrange o espaço urbano ou metropolitano.

Figura 1
Esquema simplificado das etapas clássicas do processo de planejamento dos transportes



Fonte: Elaboração própria.

O processo de planejamento normalmente se inicia pela etapa de caracterização do problema e estabelece “onde desejamos chegar?” (Jamnický, 2006), o que envolve a compreensão do sistema em investigação e respectiva interface com o ambiente socioeconômico, bem como a formulação de seus objetivos, indicadores de desempenho, metas, restrições e delimitação espacial, temporal e do escopo de ação. Dentro da mesma lógica, Prestón (2014) defende a importância de abordagens orientadas a objetivos, afirmando que os planos bem-sucedidos, via de regra, seguem este princípio.

Esse esforço, nesta etapa inicial da estrutura proposta, ao reforçar a relevância de se ter uma enunciação clara dos objetivos utilizados explicitamente ao longo do processo, é um diferencial frente às metodologias tradicionais. Entende-se como fundamental a compreensão da realidade existente assim como de suas relações de causa e efeito, pois, como argumentam Garcia *et al*. (2018) e Macário (2007), as soluções precisam estar conectadas com o problema oriundo das necessidades dos usuários e demais *stakeholders* do sistema.

A partir do problema caracterizado e dos dados levantados, procede-se ao diagnóstico que corresponde à questão “onde estamos agora?” em relação a “onde desejamos chegar” (Jamnický, 2006). Nesta etapa, se determina se há ou não problema, assumindo-se que ele ocorre quando a mobilidade atual não é sustentável (ver seção 3), bem como a sua intensidade, tipo e fatores causais.

Assim, após o diagnóstico, que contribui com a identificação das lacunas e dificuldades em relação ao alcance da mobilidade sustentável, chega-se à etapa de soluções que, depois de implementadas e monitoradas, retorna à etapa de caracterização do problema, seguindo um ciclo de aprimoramento contínuo. No nível estratégico, pode-se determinar – a partir dos indicadores críticos de mobilidade – as medidas de acessibilidade a serem consideradas, destacando-se as relacionadas aos transportes e/ou uso do solo.

Um ponto a ser enfatizado, e que permite justificar a proposta aqui exposta de valorização do papel da acessibilidade como instrumento de transformação, se refere a reconhecer a multidimensionalidade e a consequente complexidade (Jeppesen, 2009) do sistema de mobilidade urbana sustentável, em que transportes e uso do solo são vistos como interdependentes e integrados.

3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA NO SMUS A SER CONTEMPLADO NO PMU

O que é problema? Não é fácil encontrar uma definição para esta questão que envolve discussões de distintas naturezas inclusive filosófica e

existencial. Mas, de acordo com a literatura técnica, verifica-se que este conceito está predominantemente relacionado com os objetivos do sistema em análise, sendo estes representados por apropriados indicadores de desempenho. Simplificadamente, o problema pode ser definido como “todo objetivo não alcançado no nível desejado”. No caso do Sistema de Mobilidade Urbana Sustentável (SMUS), cujo principal objetivo é, naturalmente, o de “buscar a mobilidade sustentável” conforme sugere a sua própria denominação, pode-se considerar que há problema quando a mobilidade existente não é sustentável.

Portanto, o primeiro desafio é estabelecer os padrões de viagens e respectivos indicadores que expressam a insustentabilidade da mobilidade (subseção 3.1). Em seguida, estabelecem-se as metas (representadas por valores de referência) para cada padrão de viagens e seus indicadores que representam a mobilidade desejável e comprometida com a sustentabilidade (subseção 3.2).

3.1. Padrões e indicadores de mobilidade

Há vários padrões de viagens que refletem a mobilidade e poderiam representar uma situação de insustentabilidade.

Na bibliografia consultada, as abordagens costumam dar destaque aos padrões de viagem de natureza quantitativa, usando a taxa de mobilidade sob uma perspectiva favorável, ou seja: quanto maior a taxa, melhor a mobilidade (Litman, 2003), excluindo-se muitas vezes das análises o número excessivo ou mesmo o déficit de viagens.

O número excessivo de viagens é uma preocupação preconizada por Hamilton (1982) segundo Hu e Wang (2015). Este excesso se torna mais visível quando se observa um padrão de viagens motorizadas concentradas espacialmente e/ou temporalmente, o que costuma ocorrer quando áreas centrais atraem um grande contingente de viagens pendulares. Tal fato usualmente resulta de condições de acessibilidade derivadas da organização desbalanceada das atividades no território, envolvendo, por exemplo, emprego e moradia (Sultana e Weber, 2014; Wang, 2001; Cervero, 1989). Porém, verifica-se que as investigações tendem a priorizar mais as consequências e menos as causas de tais padrões de fluxos motorizados. Isto realça a importância de se considerar as condições de acessibilidade decorrentes da forma urbana como potencial promotora da Mobilidade Urbana Sustentável – MUS (Stojanovski, 2019; ONU-Habitat, 2013), sugerindo a relação entre elas, conforme se especifica na seção 5.

Já o déficit de viagens vem sendo estudado com mais frequência e confirma a relevância deste padrão que exprime as não viagens (Motte-Baumvol e Nassi, 2012) que, sob certas circunstâncias, signi-

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

fica a não realização de atividades e o consequente isolamento compulsório de pessoas, impedindo que exerçam plenamente sua cidadania. Cervero (2013) também menciona os andantes cativos, para os quais se deslocar a pé não é uma escolha, mas a única alternativa viável para realizar as atividades diárias. Ambos os padrões – com excesso ou com déficit de viagens – têm efeitos significativos e revelam a insustentabilidade da mobilidade.

A estes dois padrões, acrescentamos os tempos elevados de viagens que repercutem severamente na segurança (maior tempo de exposição ao risco), na qualidade ambiental (refletindo em um maior tempo com o tráfego motorizado impactando o ambiente), na justiça social (os segmentos mais pobres e que vivem na periferia costumam ser os mais atingidos), na produtividade (o desgaste nos transportes às vezes supera o da jornada de trabalho) e da própria inclusão (o tempo excessivo pode inibir o deslocamento e a realização de atividades) (Portugal e Silva, 2017).

Um outro padrão predominantemente empregado para retratar a MUS se refere ao uso das modalidades de transporte mais sustentáveis (Haustein e Nielsen, 2016; Cervero, 2013), estabelecendo-se a ideia de que no geral o ideal é reduzir o uso dos meios motorizados individuais (não sustentáveis), priorizando os transportes não motorizado e o público de maior capacidade. Entender os fatores e as condições de acessibilidade que influenciam na escolha modal é fundamental (Bajracharya, 2016) para se produzir um padrão de viagens baseado em modalidades sustentáveis.

Naturalmente estes quatro padrões de viagens interagem entre si (Hubert *et al*., 2008) e são considerados – com base na revisão e na concepção proposta no artigo – mesmo reconhecendo-se que outros padrões podem ser utilizados para caracterizar a mobilidade não sustentável. Assim, para cada um desses quatro padrões, há um elenco de indicadores que podem ser adotados, alguns dos quais são propostos no quadro 1, como sugestão e incentivo a novas contribuições.

Quadro 1
Padrões e indicadores de mobilidade não sustentável

Padrões	Indicadores
Quantidade excessiva de viagens motorizadas concentradas no espaço e no tempo	Alta porcentagem de viagens motorizadas atraídas para o centro expandido e concentradas em alguns corredores e nos picos por deslocamentos tipicamente pendulares
Quantidade insuficiente de viagens produzidas, restringindo a realização de atividades	Elevado déficit de viagens produzidas, expresso por alta taxa de imobilidade

Continua

Quadro 1 (continuação)

Padrões	Indicadores
Tempos elevados gastos nas viagens	Alta porcentagem de usuários gastando tempo elevado em suas viagens motorizadas
	Alta porcentagem de usuários gastando tempo elevado em suas viagens não motorizadas
	Tempo médio elevado das viagens motorizadas (minutos)
	Tempo médio elevado das viagens não motorizadas (minutos)
Escolha modal não sustentável	Baixa porcentagem de viagens feitas por modalidades não motorizadas
	Baixa porcentagem de viagens feitas por modalidades de maior capacidade, mais produtivas social e ambientalmente (trem, metrô, barcas e BRT)
	Alta porcentagem de viagens feitas por modalidades de transporte público de menor capacidade, como o ônibus, não integradas e sem prioridade no espaço viário
	Alta porcentagem de viagens feitas por automóveis

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Com vistas a se estabelecer outros padrões de viagens e respectivos indicadores, recomenda-se que se considerem critérios como:

- Serem baseados em informações disponíveis pelas equipes técnicas locais;
- Serem flexíveis a distintos contextos espaciais e aderentes às especificidades locais;
- Refletirem impactos nas dimensões da sustentabilidade e características no desenvolvimento urbano (como segurança, inclusão social, justiça social, qualidade ambiental e produtividade econômica-energética);
- Inspirarem a identificação e implementação de estratégias de acessibilidade (transporte e uso do solo).

3.2. Valores de referência para os indicadores selecionados com foco na sustentabilidade

A magnitude e a natureza do problema, fundamentadas nos indicadores de mobilidade, podem ser estabelecidas de várias maneiras. Embora esta proposta não exclua alternativas mais elaboradas, sugere-se um caminho bem direto baseado na determinação de um valor de referência para cada indicador que reflita a meta a ser perseguida com foco na sustentabilidade. Tais valores indicam o limite que designa os padrões minimamente desejados e aceitáveis em termos de mobilidade sustentável, servindo como parâmetros de comparação a serem contemplados. Entretanto, não é trivial a sua determinação.

Por exemplo, até qual proporção do total de viagens considera-se como aceitável que seja realizada por automóveis em uma dada cidade? Fontes disponíveis indicam uma variação de cerca de 30% (Região Metropolitana de São Paulo) até quase 80% (Região Metropolitana de Toronto) ou de 20% (município do Rio de Janeiro) até quase 80% (cidade de Melbourne – Austrália). Se considerarmos a divisão modal em cidades americanas, australianas e mesmo europeias, as cidades brasileiras apresentam padrões comparativamente mais favoráveis. Mas isto significa que estes valores de 20 a 30% das viagens em automóveis, diante da nossa realidade e das limitações da malha viária, são sustentáveis ou precisamos definir metas mais rigorosas?

Já em relação ao déficit de viagens também se encontram números bem distintos ao se comparar países europeus com o Brasil. Enquanto no primeiro caso, Hubert *et al*. (2008) apontam para uma taxa que varia entre 10% e 26%, no caso brasileiro, a taxa varia entre 24% e 55% (Vasconcellos, 2018). A imobilidade também pode ser observada de acordo com a ótica voltada para pessoas em desvantagem, como idosos, mulheres, crianças e pessoas de baixa renda. Por exemplo, Motte-Baumvol e Nassi (2012) citam que a imobilidade dos moradores da RMRJ com rendimento mensal de um salário mínimo é de 54,5%, e de 32,9% para os que vivem em domicílios com renda de 20 salários mínimos.

Enfim, estes exemplos confirmam a necessidade de critérios para se definir tais valores dentre os quais se sugere observar as boas práticas internacionais e nacionais, o porte da cidade, as especificidades locais e a disponibilidade de recursos, além de poder ser escalonada e intensificada gradativamente ao longo do tempo.

4. DIAGNÓSTICO DO SMUS

Após o problema ter sido, na etapa anterior, conceitualmente formulado e fundamentado pelos indicadores de mobilidade e respectivos valores de referência, torna-se preciso analisá-los, no intuito de identificar se existem problemas e, se sim, quais, a sua criticidade e possíveis fatores causais.

Esta análise alimenta o diagnóstico e o processo decisório, de forma que as intervenções nas condições de acessibilidade possam ser implementadas com vistas a promover as mudanças necessárias para o alcance da mobilidade sustentável.

Para que as discrepâncias e/ou semelhanças no desempenho das localidades, no que tange à mobilidade sustentável, possam ser dimensionadas, é usual o emprego do processo de normalização dos indicadores, chegando-se a uma escala homogênea que facilita a compreensão do valor obtido e a sua comparação com valores de referência (González Villada, 2016).

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Essa normalização dos indicadores costuma ser feita, tanto em pesquisa científica (Singh *et al.*, 2015, 2014; Machado, 2010; Campos, 2005) quanto em aplicações, como Transit Score (Walk Score, 2015), já que se apresenta como uma escala compreensível, no nosso caso no intervalo de 0 a 1.

Nesse sentido, a Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento apresenta um extrato de 9 métodos para a normalização de indicadores (OECD, 2008). Entre os métodos, achou-se a *Normalização por distância a um valor de referência* como o mais conveniente a ser adotado na presente pesquisa. O processo de normalização é definido segundo a expressão 1 (OECD, 2008):

$$In_i = \begin{cases} \dfrac{I_i}{I_ref_i} \ , \ quando \ \dfrac{I_i}{I_ref_i} < 1 \\ 1 \quad , \ quando \ \dfrac{I_i}{I_ref_i} \geq 1 \end{cases} \qquad (1)$$

Onde, I_i é o valor normalizado do indicador i, I_i é o valor observado para o indicador i, e I_ref_i é o valor de referência (meta) adotado para o indicador i. Dessa maneira, o valor observado (mobilidade existente), ao alcançar ou superar o valor de referência (que reflete a mobilidade sustentável), o indicador In_i adota o valor máximo normalizado que corresponde à nota 1. Ao contrário, no caso em que o valor observado é inferior ao valor de referência (I_ref_i), a equação produz resultados normalizados inferiores a 1, se aproximando de zero na medida em que o valor observado (mobilidade existente) se afasta da meta (mobilidade sustentável).

Cabe ressaltar que, na expressão 1, pressupõe-se que a meta é a de aumentar o valor atual. Por exemplo, no caso de se pretender ampliar a participação do sistema metroferroviário na divisão modal, passando-se de 5% (I_i) para 15% (I_ref) do total de viagens, o valor normalizado será de 0,33 para este indicador. Mas quando a meta for a de diminuir o valor atual, deve-se inverter o numerador pelo denominador na expressão 1. Por exemplo, ao se desejar reduzir o uso do automóvel de 30% do total de viagens (I_i) para 20% (I_ref), o valor normalizado deste indicador será de 0,67.

A nota obtida na normalização dos indicadores da mobilidade sustentável permite ao avaliador determinar, dentre uma abordagem individualizada para cada atributo, a pertinência de ações para melhorar seu desempenho e, consequentemente, promover mudanças nos padrões de viagens. Isto é, o planejador pode definir se há problema na mobilidade, em qual(is) indicador(es) e com que intensidade direta-

mente a partir dos resultados de cada In_i, considerando a escala contínua de avaliação de 0 a 1, em que desempenhos abaixo de determinado parâmetro são considerados não sustentáveis. Nos exemplos citados no parágrafo anterior, o indicador associado à baixa participação metroferroviária se apresenta como mais crítico que o do uso do automóvel, de acordo com as metas estabelecidas.

Nesse contexto, dependendo do rigor com que o planejador deseje avaliar a aderência do comportamento de viagem ao valor de referência, ou seja à mobilidade sustentável, a nota mínima aceitável para os In_i pode ser 1, mas se pode ser mais tolerante. Alguns sugerem o valor de 0,75 como patamar abaixo do qual o indicador será considerado como não sustentável (González Villada, 2016) e, consequentemente, se torne alvo de medidas de acessibilidade (transportes – uso do solo) que estimulem escolhas na programação de viagens mais sustentáveis.

A partir deste procedimento, é possível identificar quais padrões de viagens e respectivos indicadores sugeridos no quadro 1 evidenciam problemas de não sustentabilidade da mobilidade, assumindo que a cada indicador é possível associar medidas adequadas de acessibilidade destinadas a solucioná-lo.

5. SOLUÇÕES POTENCIAIS PARA O SMUS A PARTIR DA RELAÇÃO ENTRE OS INDICADORES DE MOBILIDADE E AS MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE

A presença de indicadores de mobilidade não sustentável indica a necessidade de mudanças e a intervenção em diferentes fatores, a fim de incentivar escolhas mais sustentáveis na programação de viagens. Entre os possíveis fatores, nesta proposta, são enfatizadas as condições de acessibilidade. Cabe, portanto, estabelecer as possíveis relações entre tais indicadores de mobilidade e as medidas de acessibilidade mais adequadas.

Ressalta-se que os padrões de viagens (mobilidade) são resultantes de escolhas que vão desde a decisão de realizar (ou não) o deslocamento, os propósitos, o destino, a modalidade, o horário, bem como – no caso do uso de automóvel – o itinerário, a taxa de ocupação e o local do estacionamento ou de embarque e desembarque. Ademais, tais escolhas podem ser influenciadas por diferentes fatores (Habib *et al*., 2017; Cirillo e Xu, 2011), muitos dos quais associados à impedância derivada das condições de acessibilidade bem como pela percepção e real capacidade (econômica e física) dos usuários de superá-la.

Vale ressaltar que tais impedâncias e barreiras são objeto de diversos estudos (Masoumi, 2019; Cattaneo *et al*., 2018; Liu, 2017), o que permite identificá-las, medir seus efeitos sobre a mobilidade e traçar mecanismos para reduzi-los, ampliando a possibilidade das pessoas realizarem as atividades das quais desejam fazer parte. Dentre as categorias exemplificadas na literatura estão aquelas relativas aos custos e políticas de preço, à oferta de serviços e de infraestrutura adequada para os usuários do sistema de transporte, ao ambiente construído do local e à distribuição espacial dos equipamentos, serviços e oportunidades no território urbano, dentre outros aspectos.

ANTP
Biblioteca ANTP
2011
www.antp.org.br

Nesse sentido, as medidas a serem direcionadas ao tratamento dos problemas de mobilidade (expressos por padrões e indicadores de mobilidade não sustentável) podem ser organizadas de acordo com diferentes critérios, como:

- as escalas territoriais ou o alcance das mesmas (local ou global);
- o tipo de intervenção mais adequada (uso do solo e/ou sistema de transportes ou ainda em outro setor como em tecnologias de informação – Preston e Rajé, 2007);
- as modalidades de transporte envolvidas no problema (transportes motorizados e/ou não motorizados; coletivos ou individuais; de baixa, média ou alta capacidade; rodoviários, sobre trilhos e/ou aquaviários); bem como
- a atividade a ser considerada (emprego, moradia, saúde, ensino, lazer, compras, serviços).

Como proposta exploratória e para fins de exemplificação, os quadros 2, 3 e 4 indicam estratégias flexíveis vinculadas a cada padrão de viagem (e respectivos indicadores) que representam a não sustentabilidade. Essas estratégias são direcionadas à escala global e ao tipo de intervenção (uso do solo e transportes) que podem ser ajustados às especificidades locais com vistas a transformar a realidade encontrada.

O quadro 2 trata da mobilidade não sustentável no aspecto relativo à quantidade de viagens. De acordo com o exposto, tanto pode ser vista como um excesso no caso das motorizadas em determinadas localidades e horários e por tipo de modalidade utilizada, como também um déficit, no caso de imobilidade, em que as pessoas são incapazes, em função das restrições encontradas, de se deslocarem (por qualquer modo de transporte ou por meios virtuais) e realizarem suas atividades.

O quadro 3 estabelece soluções voltadas para a mobilidade não sustentável expressa de tempos elevados de viagens (representados pela média e/ou por um alto percentual de usuários do sistema de transportes, gastando tempo de viagem acima de um valor considerado aceitável, com transporte motorizado e/ou não motorizado).

Quadro 2
Relação entre os indicadores de mobilidade relativos à quantidade (excessiva ou insuficiente) de viagens e as estratégias de acessibilidade

Indicadores	Estratégias associadas às condições de acessibilidade	
	Uso do solo Ambiente construído – atividade-oportunidade	**Transportes** Modalidades
Alta porcentagem de viagens motorizadas atraídas para o centro expandido e concentradas em alguns corredores e nos picos por deslocamentos tipicamente pendulares	- Reconfigurar centralidades, buscando distribuição dos fluxos das viagens de forma mais equilibrada e compatível com os recursos de acesso fornecidos pela rede de transportes; - Implementar política habitacional direcionada a áreas centrais e próximas de empregos; - Aplicar conceito TOD nas áreas servidas por estações de transportes de maior capacidade e aprimorar as condições de caminhabilidade nos demais bairros.	- Conceber ou aprimorar a rede de transporte público estruturante, baseada nas modalidades de maior capacidade (como o trem, metrô, barcas, BRT), cobrindo todo o território de forma equitativa e reforçando as novas centralidades.
Elevado déficit de viagens produzidas, expresso por alta taxa de imobilidade	- Cidades mais compactas, inteligentes, que aproximem as atividades-oportunidades das áreas residenciais e viabilizem os modos não motorizados; - Aprimorar as condições de caminhabilidade nos bairros.	- Política tarifária inclusiva e destinada aos segmentos com menor poder aquisitivo (observância do princípio de modicidade tarifária).

Quadro 3
Relação entre os indicadores de mobilidade relativos aos tempos elevados de viagem e as estratégias de acessibilidade

Indicadores	Estratégias associadas às condições de acessibilidade	
	Uso do solo Ambiente construído – atividade-oportunidade	**Transportes** Modalidades
Tempo médio elevado ou alta porcentagem de usuários gastando tempo elevado em suas viagens motorizadas	- Reconfigurar as centralidades; - Cidades mais compactas, inteligentes, que aproximem as atividades-oportunidades (como emprego, saúde e escola), reduzindo as distâncias de viagens motorizadas.	- Investir nas modalidades de transporte público de maior capacidade tornando-as alternativas mais atraentes que as demais modalidades motorizadas (inclusive o ônibus); - Racionalizar as linhas de transporte coletivo por ônibus e priorizar sua operação no sistema viário.
Tempo médio elevado ou alta porcentagem de usuários gastando tempo elevado em suas viagens não motorizadas	- Aplicar o conceito TOD no entorno das estações dos sistemas de transportes de maior capacidade e aprimorar as condições de caminhabilidade nos demais bairros.	- Investir nas infraestruturas qualificadas destinadas aos pedestres e ciclistas, favorecendo o uso das modalidades não motorizadas.

ANTP
Biblioteca ANTP
Associação Nacional de Transportes Públicos 2011
www.antp.org.br

O quadro 4 interage com a escolha modal dos usuários do sistema de transportes em que a baixa utilização de transportes não motorizados e de transportes de maior capacidade e a alta percentagem na utilização de modais rodoviários de menor capacidade, coletivos ou não, são identificadas como elementos de um padrão de mobilidade não sustentável.

Quadro 4
Relação entre os indicadores de mobilidade relativos à escolha de modais não sustentáveis e às estratégias de acessibilidade

Indicadores	Estratégias associadas às condições de acessibilidade	
	Uso do solo Ambiente construído – atividade-oportunidade	**Transportes** Modalidades
Baixa porcentagem de viagens feitas por modalidades não motorizadas	- Aplicar o conceito TOD no entorno das estações dos sistemas de transportes de maior capacidade onde disponíveis e aprimorar as condições de caminhabilidade nos demais bairros.	- Medidas de moderação de tráfego; - *Complete street*.
Baixa porcentagem de viagens feitas por modalidades de maior capacidade, mais produtivas social e ambientalmente (trem, metrô, barcas e BRT)	- Aplicar o conceito TOD no entorno das estações dos sistemas de transportes de maior capacidade.	- Investir nas modalidades de transporte público de maior capacidade tornando-as alternativas mais atraentes que as demais modalidades motorizadas (inclusive o ônibus).
Alta porcentagem de viagens feitas por modalidades de transporte público de menor capacidade, como o ônibus, operando não integradas e sem prioridade no espaço viário	- Aplicar o conceito TOD no entorno das estações dos sistemas de transportes de maior capacidade.	- Racionalizar e reorganizar as linhas de ônibus orientando-as segundo uma função de integração e não de concorrência predatória entre os modos.
Alta porcentagem de viagens feitas por automóveis	- Políticas de restrição na oferta de vagas para determinados locais e usos de solo.	- Políticas de restrição ao uso do automóvel; - Pedágio urbano.

É perceptível que as soluções amparadas na acessibilidade incentivam um olhar conjunto entre elementos do ordenamento territorial e da organização e estruturação dos sistemas de transporte. Vale ressaltar que tais medidas estão no âmbito do planejamento das cidades e dos transportes e que, embora sejam de extrema relevância para o alcance de um padrão de mobilidade sustentável, deveriam ser com-

plementadas com ações concernentes a outras áreas (Lucas, 2006). Isso inclui políticas de setores – por exemplo: serviços de saúde, educação, serviços sociais e emprego – que têm impacto na acessibilidade das pessoas, como a flexibilização de horários e alternativas de locais de trabalho (com o apoio da tecnologia da informação e das telecomunicações) e, também, na conscientização das pessoas quanto às suas escolhas na programação de seus deslocamentos diários.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intenção deste artigo foi a de apresentar uma alternativa simples e que forneça uma visão estratégica sobre os principais problemas de mobilidade observados na escala urbana ou metropolitana, bem como sobre as medidas associadas às condições de acessibilidade potencialmente indicadas para promover a mobilidade sustentável.

A estrutura proposta, ao valorizar as etapas de caracterização do problema e de diagnóstico, fortalece a conexão entre as soluções e a realidade. Esta conexão é fundamental na formulação de políticas de transportes e de uso do solo integradas (acessibilidade) e comprometidas com a sustentabilidade e as efetivas necessidades de mobilidade da população.

O procedimento baseia-se em informações sobre os padrões de viagens que deveriam estar disponíveis nos órgãos públicos responsáveis pelo Sistema de Mobilidade Urbana (SMU). Para isso, pesquisas como a de Origem e Destino ou outras opções de levantamento menos custosas e que incorporam o uso de novas tecnologias precisam ser realizadas periodicamente, garantindo informações atuais e confiáveis. Sem elas, as atribuições de planejar e gerenciar o SMU não cumprem com a sua missão, considerando que a mobilidade é expressa e se materializa em viagens (as realizadas e as não realizadas) e é estudada através delas e por seus padrões (Gutiérrez, 2012).

Este procedimento, de natureza estratégica e voltado para a escala macroscópica, leva em conta os padrões de mobilidade agregados para toda a cidade ou metrópole. Portanto, os resultados encontrados servirão de guia para serem aprofundados e ampliados em fase seguinte, na qual este processo é reproduzido e detalhado em cada localidade que compõe o território.

Estas duas abordagens se complementam, de acordo com o conhecido lema: visão global e ação local (Teisserenc e Teisserenc, 2014; Georges *et al*., 2010). Recomenda-se, inicialmente, ter esta visão mais abrangente e de conjunto para, em seguida, detalhá-la e aprofundá-la com a inclusão da escala local. Neste nível de projeto, é possível determinar localidades, dias e horários, segmentos socioeconômicos,

atividades e modalidades mais críticos e que precisam sofrer mudanças nas condições de acessibilidade, na busca por uma mobilidade mais sustentável.

Espera-se, ainda, que tal abordagem também possa contribuir e estimular o planejamento e gerenciamento da mobilidade urbana em ambientes de decisão mais participativos e transparentes, garantindo-se um elo entre a mobilidade que se deseja (sustentável) e as condições de acessibilidade a serem implementadas, por meio de ações que articulem os transportes e o uso do solo. E que tal articulação potencialize a interação entre os setores responsáveis pelo planejamento de transporte e o urbano, que apesar de essencial para o seu sucesso, não costuma ocorrer inclusive nos planos diretores de transportes realizados nas cidades e regiões metropolitanas brasileiras.

Por fim, a concepção proposta e respaldada pela bibliografia, apesar de representar algumas modestas contribuições conceituais e metodológicas, precisa naturalmente ser aprimorada e consolidada. Nesse processo é fundamental que ela seja aplicada em distintos contextos, como pretende a Rede PGV (http://redpgv.coppe.ufrj.br/) que desenvolve um projeto coletivo contando com o apoio do CNPq e a participação voluntária de pesquisadores de diferentes universidades iberoamericanas. Esperamos, ainda, que a estrutura descrita sucintamente neste trabalho possa servir de guia e incentivo para possíveis aplicações nas nossas cidades por suas equipes técnicas e de pesquisa, sendo muito importante ter o retorno dessas experiências, suas críticas e sugestões para lograrmos êxito na superação deste desafio.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. M. T.; HUMBERTO, M.; SIQUEIRA, R. G. S. Avaliação da efetividade da PNMU: Perfil dos municípios e contribuições para o avanço da política. In: 32º ANPET. *Anais*. Rio Grande do Sul: Gramado, 2018.

BAJRACHARYA, A. Public transportation and private car: a system dynamics approach in understanding the mode choice. *International Journal of System Dynamics Applications*, vol. 5, n. 2, abr.-jun. 2016. DOI: 10.4018/IJSDA.2016040101.

BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, vol. 15, n. 2, 2008, p. 73-80. http:// dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005.

_____. Cities, mobility and climate change. *Journal of Transport Geography*, vol. 19, n. 6, 2011, p. 1538-1546. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.03.009.

BARBOSA, J. L. O significado da mobilidade na construção democrática da cidade. In: BALBIM, Renato; KRAUSE, Cleandro; LINKE, Clarisse Cunha (org.). *Cidade e movimento: mobilidades e interações no desenvolvimento urbano*. Brasília: Ipea; ITDP, 2016, p. 43-56. 326 p.

BERTOLINI, L. Integrating mobility and urban development agendas: a manifesto. *disP -The Planning Review*, vol. 48, n. 1, 2012, p. 16-26. DOI: 10.1080/02513625.2012.702956.

_____. *Planning the mobile metropolis: transport for people, places and the planet*. Londres: Palgrave, 2017, p. 253. ISBN 9780230308763, €98.43.

CAMPOS, V. B. G. Mobilidade sustentável: relacionando o transporte e o uso do solo. In: 1º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL (PLURIS). *Anais*. São Carlos, SP, 2005.

CATTANEO, M.; MALIGHETTI, P.; MORLOTTI, C.; PALEARI, S. Students' mobility attitudes and sustainable transport mode choice. *International Journal of Sustainability in Higher Education,* vol. 19, n. 5, 2018, p. 942-962. https://doi.org/10.1108/IJSHE-08-2017-0134.

CERVERO, R. Jobs-housing balancing and regional mobility. *Journal of the American Planning Association*, vol. 55, n. 2, 1989, p. 136-150. http://dx.doi.org/10.1080/01944368908976014

_____. Linking urban transport and land use in developing countries. *The Journal of Transport and Land Use*, vol. 6, n. 1, 2013, p. 7-24. http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.v6i1.425

CERVERO, R.; ARRINGTON, G. B. Vehicle trip reduction impacts of transit-oriented housing. *Journal of Public Transportation*, vol. 11, n. 3, 2008, p. 1-17. DOI: 10.5038/2375-0901.11.3.1.

CIRILLO, C.; XU, R. Dynamic discrete choice models for transportation. *Transport Reviews*, vol. 31, n. 4, 2011, p. 473-494.

COSTA, A. G. V.; MARTORELLIE; MOURA, M. C. S. G. Plano de mobilidade urbana para cidades de até 100 mil habitantes: uso de metodologia simplificada em sua elaboração. In: 8º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL (PLURIS). *Anais*. Portugal: Coimbra, 2018.

GARCIA, C. S. H. F. Strategic assessment of accessibility on urban mobility networks. Ph.D. thesis, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 2016.

GARCIA, C. S. H. F.; MACÁRIO, M. R. M. R.; MENEZES, E. D. A. G.; LOUREIRO, C. F. G. Strategic assessment of Lisbon's accessibility and mobility problems from an equity perspective. *Networks & Spatial Economics*, n. 18, 2018, p. 1-25. DOI: 10.1007/s11067-018-9391-4.

GEORGES, A.; TANGUAY, G. T.; RAJAONSON, J.; LEFEBVRE, J-F.; LANOIE, P. Measuring the sustainability of cities: an analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators*, vol. 10, n. 2, 2010, p. 407-418. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.07.013.

GONZÁLEZ VILLADA, C. A. *Procedimento metodológico para a aplicação do TOD em países em desenvolvimento*. Dissertação de mestrado, PET-Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

GUTIÉRREZ, A. ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re)construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Bitácora 21*, n. 74, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2012, p. 61-74.

HABIB, K. N.; EL-ASSI, W.; HASNINE, M. S.; LAMERS, J. Daily activity-travel scheduling behaviour of non-workers in the National Capital Region (NCR) of Canada. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, n. 97, 2017, p. 1-16. https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.01.003

HAMILTON, B. W.; RÖELL, A. Wasteful commuting. *Journal of Political Economy*, vol. 90, n. 5, 1982, p. 1035-1053.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

HAUSTEIN, S.; NIELSEN, T. A. S. European mobility cultures: a survey-based cluster analysis across 28 European countries. *Journal of Transport Geography*, n. 54, 2016, p. 173-180.

HERCE, M. *Sobre la movilidad en la ciudad: propuestas para recuperar un derecho ciudadano.* Barcelona: Reverté, D. L., 2009. 328 p.

HOLDEN, Erling; GILPIN, G.; BANISTER, D. Sustainable mobility at thirty. *Sustainability 2019*, n. 11, 2019, p. 1963. DOI:10.3390/su11071965.

HUBERT J-P; ARMOOGUM, J.; AXHAUSEN, K. W. *et al*. Immobility and mobility seen through trip-based versus time-use surveys. *Transport Reviews*, vol. 28, n. 5, 2008, p. 641-658. https://doi.org/10.1080/01441640801965722.

HU, Y.; WANG, F. Decomposing excess commuting: a Monte Carlo simulation approach. *Journal of Transport Geography*, n. 44, 2015, p. 43-52. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.03.002.

JAMNICKÝ, P. The strategic management of a city´s development. *Slovak J. Civ. Eng.*, n. 1, 2006, p. 30-36. https://www.svf.stuba.sk/buxus/docs/sjce/2006/2006_1/file4.pdf.

LITMAN, T. Measuring transportation: Traffic, mobility and accessibility. Institute of Transportation Engineers. *ITE Journal*, vol. 73, n. 10, 2003, p. 28.

_____. *Win-win transportation solutions*. Victoria, Canadá: Victoria Transport Policy Institute, 2008. http://www.vtpi.org/winwin.pdf.

LIU, C.-P. Understanding the factors influencing public transport mode choice in Taiwan. Thesis-doctor of Philosophy, University College London, Department of Civil, Environmental & Geomatic Engineering, Centre for Transport Studies. Londres, 2017. 306 p. Disponível em: http://discovery.ucl.ac.uk/1575564/1/Liu_PhD%20Thesis-Revised-Chien-Pang-Sept-2017.pdf. Acesso: em 19 mai. 2019.

MACÁRIO, R. What is strategy in urban mobility systems? In: 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPETITION AND OWNERSHIP IN LAND PASSENGER TRANSPORT. *Annals*. Hamilton Island, Queensland, Australia, 2007.

MACHADO, L. *Índice de mobilidade sustentável para avaliar a qualidade de vida urbana – estudo de caso: Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA)*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2010. http://hdl.handle. net/10183/27850.

MANCINI, M. T., RODRIGUES DA SILVA, A. N. R. The introduction of the index of sustainable urban mobility in a scenario-based planning approach. In: THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN URBAN PLANNING AND URBAN MANAGEMENT, 2-5 July. *Annals*. Utrecht, The Netherlands, 2013.

MASOUMI. H. E. A Discrete choice analysis of transport mode choice causality and perceived barriers of sustainable mobility in the MENA Region. *Transport Policy*, abr. 2019. DOI: 10.1016/j.tranpol.2019.04.005.

MAY, A. D. Encouraging good practice in the development of sustainable urban mobility plans. *Case Studies on Transport Policy*, vol. 3, n. 1, 2015, p. 3-11. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2014.09.001

MELLO, A. J. R. A acessibilidade ao emprego e sua relação com a mobilidade e o desenvolvimento sustentáveis: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese de doutorado, Programa de Engenharia de Transportes, Coppe/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

MELLO, A. J. R.; PORTUGAL, L. S. Um procedimento baseado na acessibilidade para a concepção de planos estratégicos de mobilidade urbana: o caso do Brasil. *EURE - Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales,* vol. 43, n. 128, jan. 2017, p. 99-125.

MEYER, M. D. *Transportation Planning Handbook*. 4ª edição. Institute of Transportation Engineers: John Wiley & Sons, Inc. Nova Jersey, 2016.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL Levantamento sobre a situação dos planos de mobilidade urbana nos municípios brasileiros, 2019. http://www.cidades.gov.br/component/content/article?id=4398.

MOTTE-BAUMVOL, B.; NASSI, C. N. Immobility in Rio de Janeiro, beyond poverty. *Journal of Transport Geography*, n. 24, 2012, p. 67-76. http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.06.012

OECD. *Handbook on Constructing Composite Indicators*, 2008. http://www.oecd.org/std/42495745.pdf.

ONU-HABITAT (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos). *Planificación y diseño de una movilidad urbana sostenible: Orientaciones para políticas: Informe mundial sobre asentamientos humanos*. Resumo executivo. Nova York, 2013. onu-Habitat/Routledge. http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails. aspx?publicationID=3501.

ONU-HABITAT (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos) & CAF (Banco de Desarrollo de América Latina). *Construcción de ciudades más equitativas: políticas públicas para la inclusión en América Latina*. Nairobi, 2014. onu Hábitat/caf. http://publicaciones.caf.com/media/39869/construccion_de_ciudades_ mas_equitativas_web0804.pdf.

PORTUGAL, L. S.; FLOREZ, J.; SILVA, A. N. R. Rede de pesquisa em transportes: um instrumento de transformação e melhora da qualidade de vida. *Transportes*, n. 18, 2010, p. 6-16. http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v18i1.395.

PORTUGAL, L. S.; MELLO, A. J. R. Um panorama inicial sobre transporte, mobilidade, acessibilidade e desenvolvimento urbano. In: PORTUGAL, L. S. (org.). *Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano*, cap. 1, 2017, p. 1 a 18. Rio de Janeiro. Brasil: Editora Elsevier. 360 p. ISBN: 978-85-352-8733-2.

PORTUGAL, L. S.; SILVA, M. A. V. Índices de desenvolvimento e mobilidade sustentáveis. In: PORTUGAL, L. S. (org.). *Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano*, cap. 3, 2017, p. 39 a 64. Rio de Janeiro. Brasil: Editora Elsevier. ISBN: 978-85-352-8733-2. 360 p.

PRESTÓN, J. Moving forwards: improving strategic transport planning in Wales. Report nº 10. Public Policy Institute for Wales – PPIW, nov. 2014.

RIVAS, G. S. Hacia una nueva consideración de las infraestructuras del transporte en el planeamiento territorial. In: XI CONGRESO DE INGENIERÍA DEL TRANSPORTE "EL CAMINO HACIA EL PROGRESO (cit. 2014). *Anales*. Santander, Espanha, 9-11 jun. 2014.

SINGH, Y. J.; FARD, P.; ZUIDGEEST, M.; BRUSSEL, M.; MAARSEVEEN, M. VAN. Measuring transit oriented development: a spatial multi criteria assessment approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. *Journal of Transport Geography*, n. 35, 2014, p. 130-143. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2014.01.014.

SINGH, Y. J.; LUKMAN, A.; HE, P.; FLACKE, J.; ZUIDGEEST, M.; MAARSEVEEN, M. VAN. Planning for Transit Oriented Development (TOD) using a TOD index. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 94TH ANNUAL MEETING, p. 1-20. *Proceedings*. Washington DC., 2015.

SPERRY, B. R.; BURRIS, M. W.; DUMBAUGH, E. A case study of induced trips at mixed-use developments. In: 89TH TRANSPORTATION RESEARCH BOARD ANNUAL MEETING. *Proceedings*. Washington, DC., 2009.

STOJANOVSKI, T. Urban form and mobility choices: informing about sustainable travel alternatives, carbon emissions and energy use from transportation in Swedish neighbourhoods. *Sustainability*, vol. 11, n. 2, 2019, p. 548. https://doi.org/10.3390/su11020548

SULTANA, S.; WEBER, J. The nature of urban growth and the commuting transition: endless sprawl or a growth wave? *Urban studies*, vol. 51, n. 3, 2014, p. 544-576. https://doi.org/10.1177/0042098013498284

TEISSERENC, P.; TEISSERENC, M. J.; DA, S. A. Território de ação local e de desenvolvimento sustentável: Efeitos da reivindicação socioambiental nas ciências sociais. *Sociol. Antropol.* (online), vol. 4, n. 1, 2014, p. 97-125. ISSN 2236-7527. http://dx.doi.org/10.1590/2238-38752014v415.

VASCONCELLOS, E. A. (2014) *Urban transport environment and equity: the case for developing countries*. Londres: Routledge. 344 p.

_____. Urban transport policies in Brazil: The creation of a discriminatory mobility system. *Journal of Transport Geography*, n. 67, 2018, p. 85-91. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.08.014

WANG, F. Explaining intraurban variations of commuting by job proximity and workers' characteristics. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, n. 2, 2001, p. 169-182. https://doi.org/10.1068/b2710.

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

METODOLOGIA

Metodologia TOD, uma análise da oferta x demanda por transportes

Geraldo Freire Garcia
Mestrando em Planejamento Urbano e Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília - UnB. Servidor Público Federal na Carreira de Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental trabalhando atualmente na Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana do Ministério das Cidades.
E-mail: geraldofg@gmail.com

Os transportes públicos propiciam a integração das funções urbanas (residências, comércio, trabalho, lazer, estudo etc.), conectam os vários pontos de interesse do indivíduo e permitem que as pessoas usufruam o melhor que a cidade pode oferecer. Há inúmeras possibilidades de transportes como, por exemplo, os meios não motorizados, automóveis, ônibus ou transportes sobre trilhos; ao nível da rua, elevados ou subterrâneos; cada um com suas vantagens e seus custos. Não é tarefa simples distribuí-los pela malha urbana, mas a escolha dos modos, da rota e das integrações faz toda a diferença no resultado final, ou seja, a distribuição das linhas de transporte pode fazer com que o serviço seja mais ou menos eficiente.

Este artigo faz inicialmente uma breve revisão da literatura em busca de características urbanas que possam facilitar e incentivar os deslocamentos individuais e coletivos. Em seguida, analisa alguns indicadores propostos em estudos anteriores e, a partir deles, propõe uma metodologia para auxiliar os planejadores a escolher um bom itinerário para uma linha troncal de transporte, usando como informação de entrada apenas o mapa da cidade e as informações sobre as densidades populacionais por setor censitário. Os indicadores buscam atender a algumas características importantes como simplicidade, representatividade, buscam refletir diferentes níveis de cobertura espacial, dependendo da proximidade dos pontos de acesso ao sistema, são georreferenciados e permitem a agregação por local e por modo de transporte, facilitando a identificação de áreas para futuros investimentos de mobilidade urbana.

A metodologia proposta pode ser entendida como uma análise da oferta x demanda por serviços de transporte. Pelo lado da oferta, verifica-se a cobertura espacial dos transportes, e, pelo lado da demanda, o nível de receptividade aos transportes, analisado por meio de um indicador, também proposto neste estudo.

A metodologia pode ser usada para quaisquer dos modos de transporte coletivo, mas, neste artigo, é testada em um sistema metroviário. Esta escolha se dá porque, pelo custo de sua infraestrutura e capacidade de carga, o metrô cria uma âncora de desenvolvimento, um eixo em torno do qual as cidades tendem a crescer. A partir das estações do metrô, outros modos de transporte se integram como um sistema de alimentação ao eixo principal. São linhas de ônibus, ciclovias e calçadas que facilitam o acesso ao transporte central.

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

ESTUDOS ANTERIORES

Qualidades urbanas que favorecem os deslocamentos

Krafta (2014) lembra que as cidades são as maiores e mais duradouras manufaturas já fabricadas e despertam os mais variados sentimentos, normalmente baseados em impressões parciais, experiências individuais e imagens fragmentadas. Mas “em oposição a esse universo de sensações e impressões subjetivas, desenvolve-se uma ciência do urbano” (Krafta, 2014, p. 15). Há, no entanto, variadas formas para avaliar, inúmeros ângulos para observar uma cidade e muitos adjetivos possíveis.

Jacobs (2000) usou o termo “saudável”, observando que a qualidade de vida nas cidades depende da forma como usamos as ruas. Ela assume como princípio onipresente a diversidade de usos para que a cidade ofereça uma vida urbana intensa, segura e agradável, que propicie uma sustentação econômica e social e conclui pela existência de quatro condições primordiais para gerar essa diversidade: as áreas urbanas devem atender a mais de uma função principal (moradia, trabalho, estudo, lazer etc.); a maioria das quadras deve ser curta, facilitando a movimentação de pedestres; os bairros devem ter uma combinação de edifícios com custos variados e, finalmente, que haja elevada densidade de pessoas fazendo uso do local.

Gehl (2010), por sua vez, defende a ideia de que a vida na cidade e o uso dos espaços públicos devem ser a chave do planejamento urbano. Um maior foco deve ser dado às necessidades das pessoas que usam as cidades com a finalidade de alcançar o que ele considera os quatro objetivos principais: cidades vivas, seguras, sustentáveis e saudáveis. O termo “saudável”, para ele, se refere às características urbanas que favorecem a saúde das pessoas. Todos os quatro objetivos, segundo o autor, podem ser reforçados por meio de incentivos aos pedestres, ciclistas e à vida urbana em geral.

Para Krafta (2014), os critérios universais da avaliação de desempenho da forma urbana são eficiência, equidade, qualidade espacial e sustentabilidade, em que eficiência é o entendimento das cidades como um sistema que pode ser otimizado, uma forma de buscar economia de meios, ganhos de produtividade e funcionalidade. Segundo ele, a vida urbana cotidiana pode ser equiparada a um contínuo processo de deslocamentos e interações, e a eficiência desses procedimentos envolve a distribuição espacial de atividades e a minimização de distâncias. A eficiência também pode ser buscada no âmbito da instalação e operação de infraestruturas e serviços urbanos por meio da minimização da extensão de suas redes (água, esgoto, eletricidade, circulação, transporte, gás etc.) e maximização da abrangência. Equidade é uma referência à condição de funcionamento das cidades e de distribuição equilibrada de custos e benefícios, combatendo as diferenças causadas pela ocupação do espaço. Qualidade espacial trata de externalidades que afetam o ambiente urbano. Externalidades são efeitos não intencionais decorrentes de ações intencionais. "Da projeção de sombra sobre o terreno do vizinho ao congestionamento viário, da violação da privacidade ao desconforto, mas também da segurança nas ruas à valorização imobiliária, da urbanidade à geração de oportunidades, a cidade é plena de externalidades" (Krafta, 2014, p. 244). Por fim, a sustentabilidade que Krafta entende resumir os demais aspectos supondo que uma cidade eficiente e equânime será também sustentável.

O conceito TOD

Calthorpe (1993) lançou o conceito Transit-Oriented Development – TOD, que poderia ser traduzido por desenvolvimento urbano favorável aos deslocamentos individuais não motorizados e aos transportes coletivos, e cujos imperativos, segundo seu autor, são a integração social, a eficiência econômica, a equidade política e a sustentabilidade ambiental. Inicialmente, Calthorpe apresenta o conceito TOD de forma simples:

> Alta ou moderada densidade de habitação agregada a usos públicos complementares como trabalhos, comércios e serviços, concentrados em um desenvolvimento de uso misto em pontos estratégicos ao longo do sistema de transportes públicos (Calthorpe, 1993, p. 41, tradução nossa).

A estrutura do TOD é nodal ou radial: trata-se de uma proposta de desenvolvimento urbano que contemple variadas funções como habitação, trabalhos e espaço público em um raio nas proximidades das estações de transporte público, a uma distância confortável para uma caminhada (Calthorpe, 1993, p. 42).

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Em resumo, os princípios do TOD são:

- Alocar comércio, habitação, trabalho, áreas de lazer e serviços públicos a uma distância curta entre si, provendo distâncias curtas de caminhada para os usuários;
- A estação de transporte público troncal deve, sempre que possível, estar localizada no centro do bairro TOD, ficando próxima a um grande número de residências, locais de trabalho, de compras e de lazer;
- Criar ruas amigáveis aos pedestres, interconectadas entre si de forma a oferecer alternativas de caminhos aos destinos;
- Oferecer ciclovias que cheguem até a estação de transporte;
- Privilegiar os espaços públicos no planejamento urbano;
- Encorajar o preenchimento e a renovação dos espaços urbanos ao longo das estações de transporte público em vizinhanças já existentes; e
- Organizar, em um nível regional, cidades compactas e conectadas pelo transporte público.

Calthorpe (1993) propõe que o TOD seja desenvolvido a uma distância média de 2.000 pés (aproximadamente 600 m) de uma estação de transporte público. No entanto, o seu tamanho é determinado caso a caso, "a média de 600 m de raio é pretendida para buscar uma distância para uma caminhada confortável (aproximadamente 10 min) para a maioria das pessoas" (Calthorpe, 1993, p. 56, tradução nossa). Em alguns locais, no entanto, essa distância pode sofrer influência de características físicas como topografia, clima ou sistema de vias.

Fazendo um resumo dos conceitos anteriores, este trabalho propõe o agrupamento de algumas características fundamentais para incentivar os deslocamentos pela cidade, apresentadas a seguir na tabela de referência TOD (tabela 1), por meio da qual podemos constatar que o conceito TOD é aderente ao que propõem conhecidos urbanistas:

Tabela 1
Tabela de referência TOD

Critério	Referências bibliográficas
Diversidade de usos	Jacobs, Krafta e Calthorpe
Incentivo aos pedestres	Gehl, Jacobs e Calthorpe
Incentivo ao uso das bicicletas	Gehl e Calthorpe
Compacidade e densidade	Gehl, Jacobs, Krafta e Calthorpe
Proximidade ao transporte público	Calthorpe

Índice TOD

Singh *et al*. (2017), em um minucioso estudo, propõem uma metodologia para medir quantitativamente os níveis de TOD existentes em uma área

situada nos arredores de uma estação de transporte, usando um indicador construído por meio da medição de critérios que definem um TOD. O índice proposto define o nível TOD do local e indica o que pode ser feito para se obter melhores resultados na implantação de um desenvolvimento urbano vinculado aos transportes. A metodologia foi testada nas cidades de Arnhem e Nijimegen na Holanda, em 21 estações de trem.

Os autores definiram oito regras, medidas por meio de 21 indicadores, acessíveis por meio de fontes secundárias e que permitem avaliar a situação do local com vistas a futuras intervenções (tabela 2). Para trazer todos os indicadores para uma unidade comparável, eles foram padronizados usando o método de padronização máxima, em que o máximo valor do indicador é 1, e todos os outros valores estarão entre 0 e 1 em razão do percentual em relação ao maior deles.

Tabela 2
Critérios de indicadores para medir o nível TOD

Nº	Critério	Indicadores
1	Densidade	Densidade populacional
		Densidade comercial[1] (estabelecimentos comerciais / km^2)
2	Diversidade de uso do solo	Diversidade de uso do solo usando a medida de entropia
3	Facilidade para caminhar e pedalar	Mistura de uso residencial com outros usos
		Comprimento total dos caminhos para pedestres e ciclistas
		Densidade de interseções (número de interseções por km^2)
		Capacidade de uma área para captar pedestres
4	Desenvolvimento econômico	Nº de estabelecimentos de negócio por km^2 (densidade)
		Arrecadação de impostos municipais no último ano
		Nível de emprego
5	Utilização do transporte público	Carga de passageiros nos horários de pico
		Carga de passageiros nos horários fora do pico
6	Transporte público fácil de usar e entender	Segurança dos passageiros nas paradas de ônibus
		Amenidades básicas nas estações
		Disponibilidade de informações nas estações
7	Acessibilidade e frequência do serviço	Frequência do serviço (nº trens por hora)
		Intercâmbio para diferentes rotas (nº rotas)
		Intercâmbio para outros modos de transporte
		Número de postos de trabalho no entorno da estação
8	Estacionamentos na estação	Utilização dos estacionamentos por carros
		Utilização dos estacionamentos por bicicletas

1. Estabelecimentos comerciais representam locais de prestação de serviço e lojas. Estabelecimentos de negócio são os outros, como consultoria.

Fonte: SINGH et al., 2017.

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

Indicador de cobertura espacial do transporte (Magalhães, 2016)

Magalhães (2016) apresenta o indicador Transport Spatial Coverage Index – TSCI, indicador de cobertura espacial do transporte que faz uso de ferramentas de geoanálise e leva em conta o comportamento espacial da rede de transporte. A cobertura espacial de um serviço pode ser entendida como a área em que sua influência é percebida. No caso dos transportes, a cobertura espacial é uma região em torno das linhas ou nós da rede. O autor apresenta um indicador de cobertura espacial capaz de capturar as dimensões das redes de transporte e suas influências no território.

O TSCI é definido como: $TSCI_{m/x} = \frac{\Sigma_1^n \gamma(i) Ai}{A_x}$, em que:

$TSCI_{m/x}$: Índice de cobertura espacial do modo de transporte de m na região x;

$\gamma(i)$: Função peso – determina o peso em função da distância da i-ésima parcela, em que $\gamma(i) \in [0;1]$ (zero = distante, 1 = próximo);

Ai: Área da i-ésima parcela pertencente a X;

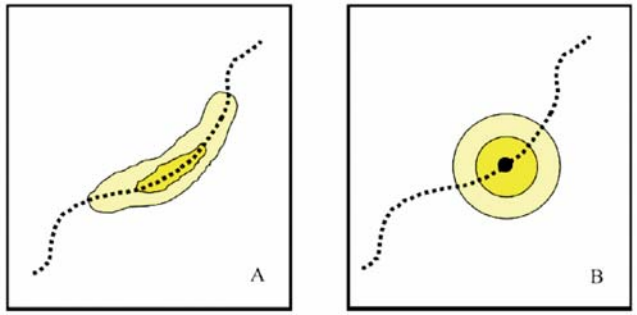
A_X: Área da região X;

n: Número de parcelas.

Com $TSCI_{m/x} \in [0;1]$, os valores próximos a 0 indicam a carência de cobertura espacial de infraestrutura ou serviço, enquanto valores próximos a 1 indicam máxima cobertura.

O TSCI apresenta uma vantagem em relação a outros indicadores: a cobertura da rede é calculada considerando o ponto que representa a estação do transporte coletivo em que efetivamente acontece o acesso ao serviço e não ao longo das vias como acontece nas rodovias (figura 1)

Figura 1
Modelo (derivado da extensão) de uma área urbana seguindo uma via (A) e o modelo de desenvolvimento concêntrico em torno da estação de transporte (B) (Magalhães, 2016)



Fator peso do TSCI

Magalhães (2016) termina seu artigo deixando algumas questões a serem respondidas. Dentre elas, questiona como a função peso deve ser definida e quais critérios devem ser usados. Adaptando o TSCI para uma área urbana, este trabalho sugere os seguintes valores (tabela 3).

Tabela 3
Fator peso para um tecido urbano

Distância	Peso	Critério de cálculo
ỳ0-400m	1,00	5 min a pé[1]
ỳ400-800m	0,75	10 min a pé
ỳ800-1.600m	0,50	5 min de bicicleta ou ônibus
ỳ1.600-3.200m	0,25	10 min de bicicleta ou ônibus
ỳ+3.200m	0	Mais do que 10 min de bicicleta ou ônibus

1. Estas distâncias foram escolhidas em acordo com as teorias TOD, conforme o tempo que levam para serem percorridas pelos meios de transporte não motorizados, adotando-se as seguintes velocidades: 5 km/h para as caminhadas e 20 km/h para as bicicletas.

Indicador de Receptividade aos Transportes - IRT

Simplificando o trabalho de Singh *et al*. (2017) e combinando-o com a tabela de referência TOD (tabela 1), este trabalho utiliza um conjunto de indicadores relativos à forma da cidade, ao uso e ocupação do solo (tabela 4) e propõe um indicador para medir a receptividade aos transportes – IRT, assim calculado:

$$\mathrm{IRT} = (I_{mus} + I^{rel}_{dens} + I_{cont} + I^{rel}_{perm} + I^{rel}_{cc} + I^{rel}_{di}) / 6$$

Tabela 4
Indicadores da forma urbana e do uso do solo

Critérios TOD	Indicadores
Diversidade de usos	Mistura de uso residencial com outros usos (I_{mus})
Incentivo aos pedestres	Continuidade (I_{cont})
	Permeabilidade (I_{perm})
	Densidade de interseções (I_{dens})
Incentivo ao uso das bicicletas	Comprimento total dos caminhos para ciclistas (I_{cc})
Compacidade e densidade	Densidade populacional (I_{di})

Também para este trabalho os indicadores variam entre 0 e 1, de forma que o IRT, sendo uma média aritmética, também terá o seu valor entre 0 e 1. Valores próximos de zero indicam uma área pouco receptiva aos transportes, enquanto que valores próximos de 1 indicam máxima receptividade. Poder-se-ia trabalhar com pesos diferentes, mas para

este estudo todos os seis indicadores terão a mesma importância. Os indicadores que compõem o IRT estão descritos a seguir e foram escolhidos em função da sua representatividade, simplicidade e facilidade de cálculo quando por meio de ferramentas georreferenciadas.

Indicador da mistura de uso residencial com outros usos (Singh et al., 2017)

"Diversidade de uso do solo é crítica no conceito TOD, na medida em que cria um senso de lugar em torno da estação de transporte e melhora o uso dos transportes nos horários fora do pico e nos finais de semana" (Singh *et al*., 2017, p. 102, tradução nossa). O solo pode ser usado para fins residencial, comercial, industrial, de saúde, educação, esporte, lazer etc. Uma simplificação, porém suficiente para este estudo, é comparar o uso residencial aos demais, partindo do entendimento de que muitas viagens poderão ser feitas a pé ou por bicicleta se houver uma mistura suficiente entre ocupações residenciais e não residenciais, conforme sugere Singh *et al*. (2017). Seu cálculo será feito pela seguinte fórmula, uma simplificação do que propõem os autores:

$$I_{mus} = \frac{A_r}{A_r + A_0}, \text{ em que:}$$

A_r = Área ocupada por residências

A_0 = Área com uso diferente de residencial

Adotando o critério de balanceamento proposto por Singh *et al*. (2017), serão considerados favoráveis valores até 0,5 que, a partir de então, passam a ser considerados desfavoráveis. Para ajustar os valores entre 0 e 1, o resultado será multiplicado por 2. Quando o valor for superior a 1, o resultado é subtraído de 1, assim o indicador ficará entre 0 e 1, em que 1 representa a distribuição ótima de usos.

Indicador de continuidade (Krafta, 2014)

Krafta (2014) apresenta um denso trabalho sobre indicadores da forma das cidades. Para apoiar este estudo, foram selecionados alguns deles. Continuidade mede o grau de fragmentação urbana por meio do exame do seu perímetro. É uma comparação entre o perímetro do assentamento urbano com o do perímetro do polígono convexo mínimo que o contém (figura 2):

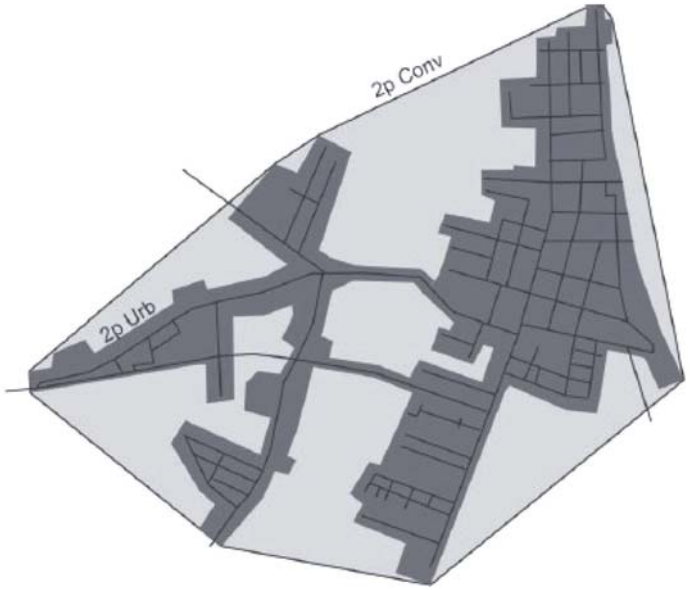
$$\mathrm{I_{cont}(U)} = \frac{2P_{conv}}{2P_u}$$

A medida varia entre 0 e 1. O limite superior representa a máxima continuidade, situação em que a do perímetro do assentamento coin-

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

cide com a do seu polígono convexo mínimo circunscrito e, assim, não possui reentrâncias ou vazios internos. O limite inferior corresponderia a uma situação hipotética em que o perímetro do assentamento tenderia ao infinito, com a máxima fragmentação. Continuidade espacial urbana é uma característica associada à eficiência, já que descontinuidades do tecido urbano impõem percursos mais longos aos usuários, às redes de infraestrutura e aos serviços (Krafta, 2014).

Figura 2
Esquema demonstrativo do cálculo do indicador de continuidade



$$I_{cont}(U) = \frac{2P_{conv}}{2P_u}$$

Relaciona as medidas do perímetro do assentamento e do perímetro do polígono convexo circunscrito.

Indicador de permeabilidade (Krafta, 2014)

> Este indicador procura medir a intensidade da interface entre o espaço público e o privado, (...) propiciada por linhas de contato entre espaços públicos e lotes de terra privados e consta como uma das qualidades urbanas a serem perseguidas. A permeabilidade também afeta os padrões de circulação urbana no modo pedestre, razão pela qual muitas cidades estabelecem medidas máximas para novos quarteirões (Krafta, 2014, p. 253).

Biblioteca ANTP 2011 www.antp.org.br

A permeabilidade pode ser medida pela relação entre a extensão total de vias públicas e a área considerada (Krafta, 2014):

$I_{perm}(U) = \frac{\Sigma^L}{A}$, em que:

L é o comprimento das vias públicas e A é a área considerada.

Quanto maior a permeabilidade, mais favorável à mobilidade urbana. A medida relativa tem a seguinte expressão, em que *j* representa uma área urbana em análise e *i* representa a área de controle em que a permeabilidade é elevada.

$$I^{rel}_{perm}(U) = \frac{I_{perm}(j)}{I_{perm}(i)}$$

Os valores variam entre 0 e 1, em que 0 indica um local sem vias públicas e 1, os locais de maior permeabilidade na área estudada.

Os outros indicadores sugeridos – comprimento total dos caminhos para ciclistas e densidade de interseções (I^{rel}_{cc} , I^{rel}_{di}) (Singh *et al*., 2017) – também serão medidos por meio de informações geográficas e terão os valores calculados de forma relativa, dividindo-os pelos maiores valores encontrados entre as áreas urbanas estudadas, variando, assim, entre 0 e 1. Caminhos para ciclistas favorecem o uso das bicicletas e muitas interseções indicam quarteirões pequenos e a existência de caminhos alternativos entre os pontos da cidade, o que incide diretamente sobre a mobilidade, especialmente para os pedestres.

Indicador de compacidade (Krafta, 2014)

Compacidade é um conceito caro a muitos urbanistas por estar associado a uma vida urbana interessante como animação, urbanidade, segurança etc. Cidades compactas propiciam uma utilização mais econômica de infraestruturas, serviços e equipamentos urbanos. Um procedimento que oferece alto grau de acuidade em seu cálculo é a comparação da área construída com a área urbanizada. Entretanto, calcular a área construída é geralmente uma tarefa difícil. O índice de densidade populacional é mais fácil de calcular e avalia a compacidade indiretamente, supondo que as cidades mais densas são também mais compactas (Krafta, 2014).

Para esse estudo, portanto, a compacidade foi medida pela densidade populacional, calculada pela relação entre a população local e a área estudada. A densidade terá valor relativo, levando-se em conta o maior valor encontrado nas áreas de estudo.

$I^{rel}_{dens}(U) = \frac{I_{dens}(j)}{I_{dens}(i)}$ em que:

j representa uma zona pertencente ao sistema urbano em análise e *i*, a zona desse sistema em que a compacidade é máxima. Os valores variam entre 0 e 1, em que 0 indica locais vazios e 1, os locais mais densos da cidade.

DESCRIÇÃO DO MÉTODO

Combinando e adaptando os estudos anteriores, este trabalho propõe uma metodologia para identificar locais em uma cidade com potencial para a chegada dos transportes públicos e, por outro lado, locais já servidos pelo transporte público com potencial para o desenvolvimento de bairros orientados aos transportes:

Etapa 1: Definição da área de estudo.

Etapa 2: Cálculo do índice de receptividade aos transportes – IRT, fazendo uso de um SIG para a geração de mapas temáticos, de forma a produzir uma representação visual dos seus resultados.

Etapa 3: Cálculo do índice de cobertura espacial dos transportes públicos urbanos (TSCI), com uso do fator peso proposto por este estudo (tabela 3).

Etapa 4a: Identificação de áreas com potencial para o desenvolvimento de bairros TOD, que serão os locais com alto índice de cobertura espacial dos transportes (TSCI) e baixa receptividade (IRT) indicando a necessidade de desenvolvimento urbano; ou

Etapa 4b: Identificação de áreas preferenciais para a chegada do principal transporte da cidade, que serão os locais de menor TSCI e maior IRT.

A metodologia pode também ser entendida como uma análise da oferta x demanda dos serviços de transporte público ao comparar, de um lado, a cobertura espacial (oferta dos serviços de transporte) ao Indicador de Receptividade aos Transportes (demanda).

Locais de muita oferta de transportes (elevado TSCI) e baixa demanda (pequeno IRT) necessitam de um aumento da demanda (maior desenvolvimento urbano com os critérios TOD – tabela 1). No caso contrário, locais de baixa oferta de transportes (TSCI), porém bem desenvolvidos em termos urbanos (IRT), carecem da oferta de serviços de transporte.

ESTUDO DE CASO

O estudo de caso neste trabalho servirá a dois objetivos: primeiro, para testar a metodologia proposta e, segundo, para demonstrar algumas intervenções TOD para aumentar a receptividade aos transportes nas proximidades da estação do metrô.

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

Estação Shopping – Teste da metodologia

Etapa 1: Definição da área de estudo

Os locais escolhidos foram áreas compreendidas em um raio de 800 m na Asa Norte e em torno da estação Shopping do metrô, ambos em Brasília (figuras 4 e 5).

O entorno da estação Shopping é um local servido pelo sistema metroviário, porém com baixa densidade demográfica e poucos incentivos aos transportes não motorizados. O seu potencial está no conjunto de lotes vazios de grandes dimensões que podem passar por um processo de reparcelamento e de redefinição quanto ao seu uso.

Para efeito de comparação, foi escolhido um local na Asa Norte, a partir de um ponto central na CLN 111 / 112, uma área urbana já desenvolvida e densamente povoada, mas que não recebe o serviço do metrô.

Com o objetivo de simplificar os cálculos, porém suficiente para demonstrar a metodologia, a cobertura espacial do transporte público foi calculada apenas para o modo metrô, o transporte público coletivo de maior capacidade.

Figuras 4 e 5
Área escolhida (estação Shopping) e área de comparação (Asa Norte)

Círculo com raio de 800 m.

Etapa 2: Cálculo do Indicador de Receptividade aos Transportes – IRT

Conforme mencionado anteriormente, o IRT é calculado segundo a fórmula

$$\text{IRT} = (I_{mus} + I^{rel}_{dens} + I_{cont} + I^{rel}_{perm} + I^{rel}_{cc} + I^{rel}_{di}) / 6$$

Indicador de mistura de uso do solo (I_{MUS}): $I_{mus} = \dfrac{A_r}{A_r + A_0}$

As áreas residenciais (A_r) e com outros usos (A_o) são calculadas por meio do mapa, considerando apenas sua projeção no solo (figuras 6 e 7). Caso o prédio seja de uso misto, como as áreas comerciais da Asa Norte, seus valores serão somados, metade às áreas residenciais (A_r) e metade às de outros usos (A_o). Hotéis serão considerados como área residencial. Conforme visto na apresentação da metodologia, a área será considerada ótima para o transporte quando o uso residencial representar metade de todos os usos do solo. Para que I_{MUS} tenha um valor entre 0 e 1, em que 1 será o melhor valor, como ocorre com os outros indicadores usados no cálculo, o valor encontrado será multiplicado por 2, e se ele for maior que 1, será subtraído de 1.

Estação Shopping:

A_r = 11,37 ha; A_o = 53,35 ha => I_{MUS} = 0,1757;
Multiplicando por 2 temos **I_{MUS} (ES) = 0,3514**

Asa Norte:

Área de uso misto = 25,12. Metade (12,56) será somada à A_r e a outra metade à A_o

A_r = 95,76 + 12,56 = 108,32 ha; A_o = 26,03 + 12,56 = 38,59 ha

I_{MUS} = 0,7373; multiplicando por 2: I_{MUS} = 1,4746.

Como o valor é maior que 1, faz-se I_{MUS} = 1 – 0,4746, ou **I_{MUS} (AN) = 0,5254**

Figura 6
Uso do solo na estação Shopping

Círculo em um raio de 800 m
Ferramenta: Google Earth Pro.

Biblioteca ANTP
Associação Nacional de Transportes Públicos
2011
www.antp.org.br

Figura 7
Uso do solo na área de comparação na Asa Norte

Círculo em um raio de 800 m
Ferramenta: Google Earth Pro.

Índice de densidade relativa: A densidade populacional de cada uma das áreas foi calculada com base na população e nas áreas dos setores censitários informados pelo censo 2010 do IBGE (2013).[1] As densidades calculadas foram:

$I_{Dens\text{-}AN}$ = 12.403 hab/km² e $I_{Dens\text{-}ES}$ = 50 hab/km².

Como o valor do índice é relativo, faz-se a divisão do valor da densidade local pela maior densidade encontrada nas áreas de estudo:

$$I^{rel}_{dens}(ES) = \frac{I_{Dens\text{-}ES}}{I_{Dens\text{-}AN}} = \frac{50}{12403} = 0{,}0040;\ I^{rel}_{dens}(AN) = 1$$

Índice de continuidade: (Krafta, 2014) Para este cálculo, é feita uma comparação entre o perímetro da área urbanizada em estudo e o do polígono convexo mínimo que a contém (figuras 8 e 9).

1. Após 2010, foram inaugurados novos condomínios na região em torno da estação Shopping, o que provocou um considerável aumento da densidade populacional, mas este crescimento aparecerá apenas no próximo censo. Para efeito do estudo, no entanto, este trabalho utiliza as informações do censo 2010.

Figuras 8 e 9
Polígono convexo e polígono da área urbana para a estação Shopping

Ferramenta: Google Earth Pro.

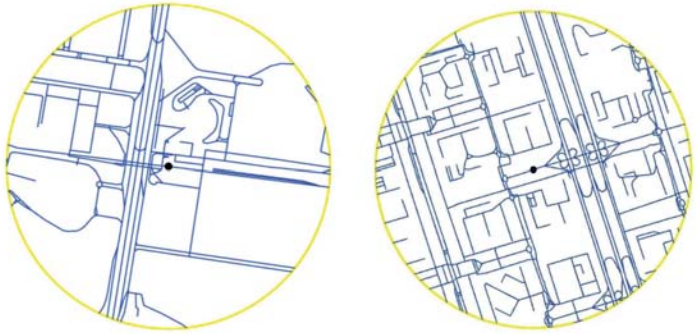
Para a área da Asa Norte o valor será **1 (I_{cont} (AN) = 1)**, dado que a área em estudo está totalmente coberta pela urbanização. Para a área da estação Shopping:

$$I_{cont}(ES) = \frac{2P_{conv}}{2P_u} = \frac{1,13}{1,68} = 0,6131$$

Índice de permeabilidade relativa: A permeabilidade é calculada pelo somatório do comprimento das vias dividido pela área urbana considerada. Os comprimentos das vias internas à área de estudo foram obtidos por meio de um recorte nos mapas fazendo uso de um sistema de informações geográficas ArcGIS Pro e de mapas do Open Street Map (figuras 10 e 11).

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Figuras 10 e 11
Vias internas à área escolhida (estação Shopping) e à área de comparação (Asa Norte)



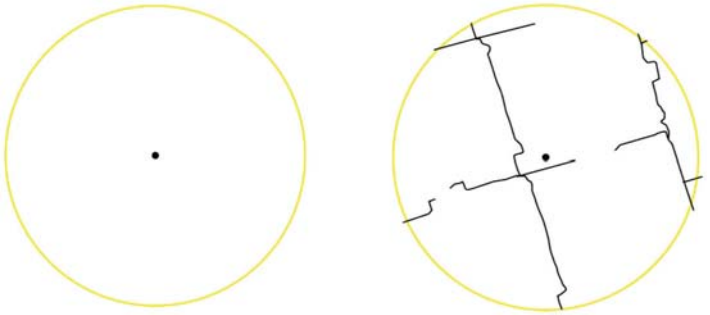
Fonte: OpenStreetMap.

$$I_{perm}(ES) = \frac{\Sigma L}{A} = \frac{24,01}{2,01} = 11,95 \text{ m/ha}; I_{perm}(AN) = \frac{\Sigma L}{A} = \frac{39,63}{2,01} = 19,72 \text{ m/ha}$$

$$I^{rel}_{perm}(ES) = \frac{I_{perm}(ES)}{I_{perm}(AN)} = \frac{11,95}{19,72} = 0,6060; I^{rel}_{perm}(AN) = 1$$

Índice de caminhos para ciclistas, medida relativa (I^{rel}_{cc}): (figuras 12 e 13).

Figuras 12 e 13
Caminhos para ciclistas. Área escolhida (estação Shopping) e área de comparação (Asa Norte)



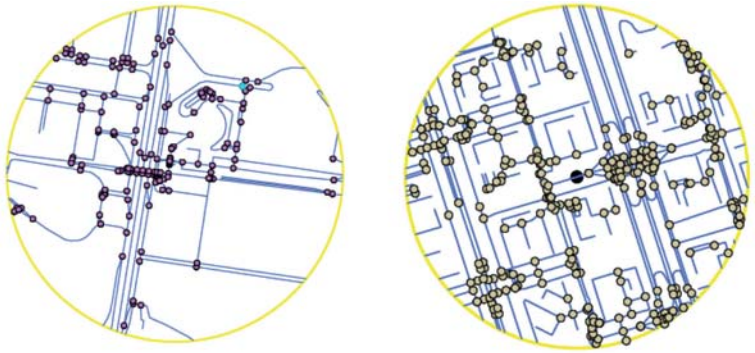
Fonte: OpenStreetMap.

$$I_{cc}(ES) = \frac{\Sigma L}{A} = \frac{0}{2,01} = 0 \text{ m/ha}; I_{cc}(AN) = \frac{\Sigma L}{A} = \frac{4520}{2,01} = 2260 \text{ m/ha}$$

$$I^{rel}_{cc}(ES) = \frac{I_{perm}(ES)}{I_{perm}(AN)} = \frac{0}{2.260} = 0; I^{rel}_{cc}(AN) = \frac{I_{perm}(AN)}{I_{perm}(AN)} = \frac{2.260}{2.260} = 1$$

Índice de densidade de interseções, medida relativa (I_{di}^{rel}): (figuras 14 e 15).

Figuras 14 e 15
Densidade de intersecções na área escolhida (estação Shopping) e na área de comparação (Asa Norte)



Fonte: OpenStreetMap.

$$I_{DI}(ES) = \frac{Número\ de\ interseções}{A} = \frac{314}{2,01} = 156,2\ Interseções/ha$$

$$I_{DI}(AN) = \frac{Número\ de\ interseções}{A} = \frac{640}{2,01} = 318,4\ Interseções/ha$$

$$I_{DI}^{rel}(ES) = \frac{I_{DI}(ES)}{I_{DI}(AN)} = \frac{156,2}{318,4} = 0,4906;\ I_{DI}^{rel}(AN) = 1$$

Indicador de Receptividade aos Transportes

$$IRT = (I_{mus} + I_{dens}^{rel} + I_{cont} + I_{perm}^{rel} + I_{cc}^{rel} + I_{di}^{rel}) / 6$$

IRT (ES) = (0,3514 + 0,0040 + 0,6131 + 0,6060 + 0 + 0,4906) / 6 = 0,3442

IRT (ES) = 0,3442

IRT (AN) = (0,5254 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) / 6 = 0,9209

IRT (AN) = 0,9209

Etapa 3: Cálculo do índice de cobertura espacial dos transportes

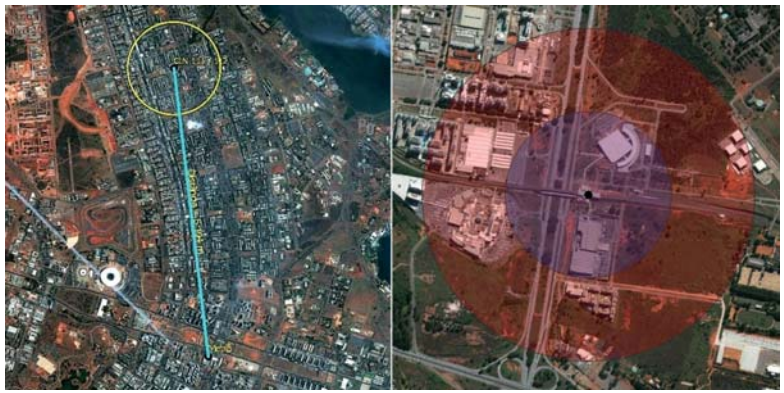
Conforme apresentado anteriormente, o índice de cobertura espacial proposto por Magalhães (2016) é calculado pela expressão $TSCI_{m/x} = \frac{\Sigma_1^n y(i)Ai}{A_x}$, onde y(i) representa um fator peso que decresce conforme a distância (tabela 3), sendo que seu valor será 0 a partir de 3.200 m,

que representa mais de 10 min de bicicleta ou ônibus a 20 km/h (figuras 16 e 17).

TSCI (AN) = 0, pois o centro da área está a mais de 3,2 km da estação mais próxima do metrô.

TSCI (ES) = (0,50 x 1 + 1,51 x 0,75) / 2,01 = 0,8122

Figuras 16 e 17
Distância para a estação do metrô na área de comparação (Asa Norte) e na área escolhida (estação Shopping)



Ferramenta: Google Earth Pro.

Associação Nacional de Transportes Públicos
Biblioteca ANTP
2011
www.antp.org.br

Etapa 4a: Identificação das áreas com potencial para o desenvolvimento de bairros TOD

Para a estação Shopping temos uma alta cobertura dos transportes públicos, considerando que o metrô está no centro da área em estudo, TSCI (ES) = 0,8122, e baixa receptividade aos transportes, IRT(ES) = 0,3442, indicando um local de grande potencial para o desenvolvimento de um bairro TOD.

Etapa 4b: Identificação das áreas preferenciais para a chegada de uma estação do metrô

Para a área urbana na Asa Norte, temos uma situação inversa, a área está sem cobertura do metrô, TSCI (AN) = 0, porém com alta receptividade aos transportes, IRT (AN) = 0,9209, indicando um local preferencial para a chegada de uma estação do metrô.

Assim como acontece em Brasília, há, no Brasil, muitos outros casos claros de ocorrências de áreas cobertas pelo metrô e pouco desenvolvidas em termos urbanos, ou seja, com grande potencial para a

implantação de um bairro TOD, onde se pode criar a demanda pelos transportes promovendo um desenvolvimento urbano que crie áreas atrativas aos transportes.

Estação Shopping – Ilustração de uma possível solução TOD

A tabela 5 mostra uma verificação da aderência da área no entorno da estação Shopping à tabela de referência TOD (tabela 1).

Tabela 5
Tabela de referência TOD para a estação Shopping

Critério	Estação Shopping
Diversidade de usos	Sim, mas muito espalhada
Incentivo aos pedestres	Não
Incentivo ao uso das bicicletas	Não
Compacidade e densidade	Muito baixa
Transporte público abrangente, fácil de usar e entender	Sim, mas precisa melhorar a coleta por ônibus alimentadores
Frequência e integração dos transportes	Falta a integração com outros modos de transporte
Cidades multicêntricas e integração regional	Não se aplica por ser apenas um bairro

Brasília é uma cidade diferenciada em função do seu tombamento urbanístico que busca preservar suas quatro escalas: monumental, gregária, residencial e bucólica. As adaptações urbanas propostas neste estudo não se adequam às quatro escalas tombadas e também não pretendem ser um projeto para ser executado, mas apenas uma demonstração de uma solução TOD e seus impactos na eficiência do sistema de transportes. A proposta para o local inclui o seguinte conjunto de intervenções e políticas.

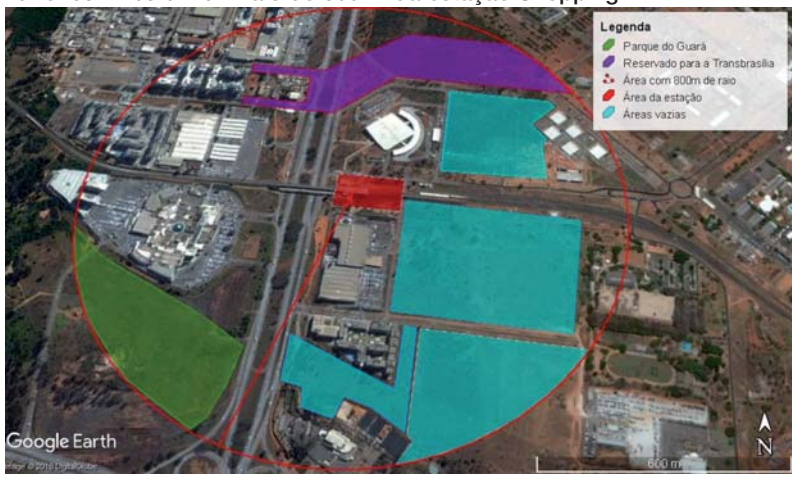
Intervenções na infraestrutura

- Reparcelamento dos terrenos vazios (figura 18) para produzir lotes com malha ortogonal (maior permeabilidade), quadras pequenas e aumento das áreas de deslocamento e de uso público como calçadas, ciclovias, vias, praças, jardins e áreas de descanso e lazer.
- Aumento no coeficiente de aproveitamento do terreno para permitir a construção de prédios mais altos, aumentando a compacidade, especialmente nos locais mais próximos da estação do metrô.
- Construção de grandes prédios comerciais sobre e em volta da estação do metrô (figura 19).

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

- Permitir construções de uso misto, de forma que possa haver habitações nos andares superiores e comércio na parte térrea, ao longo de algumas calçadas, promovendo ruas mais atrativas aos pedestres (figuras 20, 21 e 22).
- Construção de habitações e comércio com custos variados, de forma a atender diversas classes sociais.
- Construção de ciclovias tendo como eixo central o meio da Epia, distribuídas pela área urbana e se conectando ao conjunto de ciclovias (já existentes ou planejadas) da rede cicloviária de Brasília (figuras 23 e 24).
- Inserir e alterar linhas de ônibus, de forma que passem por locais mais distantes (até 3,2 km, ou seja, 10 min a uma velocidade média de 20 km/h), atingindo várias áreas residenciais e comerciais, como a Candangolândia e Guará ao sul e SIA e Octogonal ao norte, servindo como sistema de alimentação ao metrô (figura 25).

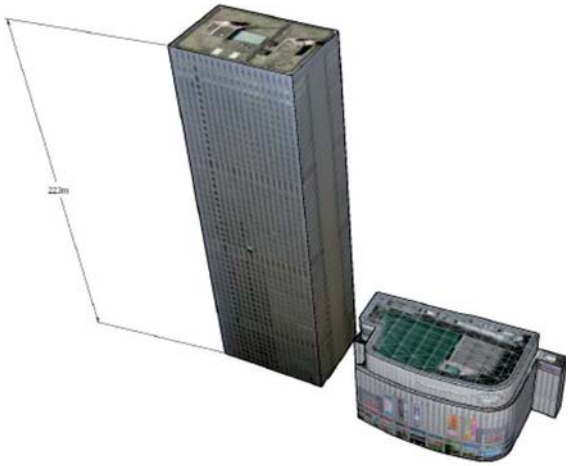
Figura 18
Terrenos livres em um raio de 800 m da estação Shopping



Ferramenta: Google Earth Pro.

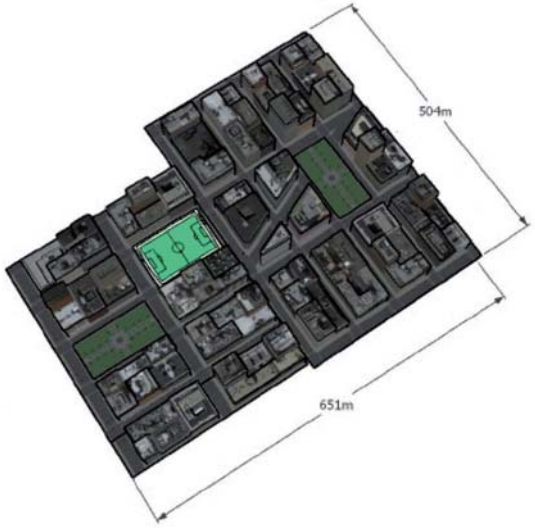
A figura 18, acima, mostra duas áreas de uso reservado: o parque do Guará (em verde) e o local onde há previsão de passar a via Transbrasília (em roxo), quatro áreas livres maiores (em azul), onde podem ser construídas zonas de uso misto adensadas, e a área mais próxima da estação Shopping (em vermelho), onde este trabalho propõe a construção de grandes prédios comerciais.

Figura 19
Prédios comerciais da estação de Shinjuku em Tóquio



Fonte: SketchUp

Figura 20
Área de uso misto em Manhattan, Nova York, com 22 quadras



Local intensamente coberto pelo Metrô
Fonte: SketchUp

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Figura 21
Exemplo de uma superquadra de Brasília - SQS 414 em Brasília – DF

Fonte: Google Earth Pro.

Figura 22
Composição das imagens gerando uma área adensada

Fonte: Google Earth Pro com imagens do SketchUp.

Figura 23
Proposta de traçado para as ciclovias e calçadas

Ferramenta: Google Earth Pro.

Figura 24
Integração à rede cicloviária do DF

Fonte: GeoPortal DF.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Figura 25
Proposta de linhas de ônibus em um raio de 3.200 m, ou seja, 10 min de ônibus, a uma velocidade média de 20 km/h, para alimentar o metrô atendendo o SIA, Octogonal, Guará e Candangolândia

Ferramenta: Google Earth Pro.

CONCLUSÃO E FUTURAS PESQUISAS

O metrô é um transporte público de massa, ou seja, tem capacidade de transportar milhares de pessoas por hora, sua rota não compete com outros veículos ou pedestres podendo manter velocidade constante e pontualidade. Depois de implantado, suas linhas se tornam eixos troncais de transporte e os locais e suas vizinhanças onde ficam as estações se valorizam. Considerando ainda os altos custos de sua infraestrutura, podemos dizer que não aproveitar as áreas próximas às estações do metrô em termos de densidade residencial e desenvolvimento comercial é um desperdício. Conforme visto, a área estudada pode contemplar, além do que já existe no local, mais 22 quadras equivalentes às encontradas em Manhattan, Nova York, parques, jardins, áreas esportivas e construções maiores nas adjacências da estação do metrô, como se faz em Tóquio, otimizando o aproveitamento do local de máxima acessibilidade. Desenvolvimentos sob o conceito TOD têm a capacidade de pro-

duzir novas centralidades, polos com considerável força de atração e geração de viagens, produzindo uma maior distribuição no fluxo dos deslocamentos. Uma solução como essa facilita a circulação de pedestres e ciclistas; torna mais fácil o acesso às estações; aumenta o número de passageiros no metrô, com consequente aumento na receita tarifária; aumenta a área de uso público; e mais vias, especialmente calçadas e ciclovias, oferecem maior segurança aos pedestres, com a redução da velocidade dos automóveis e com a definição das prioridades em favor dos meios de transporte não motorizados.

Finalmente, para futuras pesquisas, a partir da metodologia proposta e tendo apenas o mapa e informações sobre a densidade urbana por setor censitário, é possível desenvolver um *software* que indique graficamente qual o melhor traçado para o metrô em uma cidade ou, por outra, tendo o metrô já implantado, que indique as estações subutilizadas e, portanto, prioritárias para investimentos no desenvolvimento urbano orientado aos transportes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

_____. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade.

_____. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Política Nacional de Mobilidade Urbana.

_____. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Estatuto da Metrópole.

CALTHORPE, P. *The next American metropolis: ecology, community, and the American dream*. Nova York: Princeton Architectural Press, 1993.

CERVERO, R. Linking urban transport and land use in developing countries. *Journal of Transport and Land Use* (JTLU), vol. 6, 2013, p. 7-24.

GEHL, J. *Cities for people*. Washington: Island Press, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Atlas do censo demográfico 2010. Rio de Janeiro: [s. n.].

JACOBS, J. *Morte e vida de grandes cidades*. 1ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

KRAFTA, R. *Notas de aula de morfologia urbana*. 1ª edição. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

MAGALHÃES, M. T. Spatial coverage index for assessing national and regional transportation infrastructures. *Journal of Transport Geography*, vol. 56, 2016, p. 53-61.

MEDDA, F. Land value capture finance for transport accessibility: a review. *Journal of Transport Geography*, vol. 25, 2012, p. 154-161.

MULLEY, C. & TSAI, C.-H (Patrick). When and how much does new transport infrastructure add to property values? Evidence from the bus rapid transit system in Sydney, Australia. *Transport Policy*, vol. 51, out. 2016, p. 15-23.

SINGH, Y. J. *et al*. Measuring TOD around transit nodes - towards TOD policy. *Transport Policy*, vol. 56, 2017, p. 96-111.

SUZUKI, H. *et al*. *Financing Transit-Oriented Development with land values: adapting land value capture in developing countries*. [s. l.: s. n.].

ANTP ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS

Nosso Objetivo

A ANTP é uma entidade civil, sem fins lucrativos, criada em 1977, voltada ao setor de transporte público e do trânsito do Brasil e que tem por objetivo desenvolver e difundir conhecimentos visando seu contínuo aprimoramento.

Administração

O Conselho Diretor da ANTP é o órgão responsável pela definição da política da ANTP e por sua execução

Estatuto Social

Conheça os valores, propósitos, direitos, deveres da ANTP e seu papel para sociedade.

Empresas Associadas

A ANTP possui mais de 300 associados, entre órgãos públicos - gestores de transporte público e de trânsito, empresas operadoras públicas e privadas, sindicatos patronais e de empregados, fabricantes e prestadores de serviço, consultores e universidades.

Visite o site da entidade www.antp.org.br

Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil

Gregório Costa Luz de Souza Lima
Pesquisador do Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura da Fundação Getúlio Vargas (FGV-Ceri). Mestrando do Programa de Engenharia de Transportes – PET- Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro.
E-mail: gregorio.lima@fgv.br

Gabriel Lassery Rocha da Silva
Mestrando do Programa de Engenharia de Transportes – PET- Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro.
E-mail: gabriel.lassery@poli.ufrj.br

Genezio dos Santos Albuquerque Neto
Mestrando do Programa de Engenharia de Transportes – PET- Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro.
E-mail: genezioalbuquerque@hotmail.com

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes. Código de financiamento 001.

Biblioteca ANTP
Associação Nacional de Transportes Públicos
2011
www.antp.org.br

Segundo o Ipea (2016), cerca de 85% da população brasileira vive em centros urbanos, sendo que somente 36 cidades possuem mais de meio milhão de habitantes, além de 40 regiões metropolitanas consolidadas, nas quais vivem mais de 80 milhões de pessoas. Dado este cenário de rápida urbanização e metropolização, a pressão sobre as infraestruturas urbanas é cada vez maior e estas, portanto, deverão passar por consideráveis transformações para criarem condições de vida sustentáveis para seus habitantes.

Ao longo do século XX, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera teve um aumento de 278 partes por milhão (nível pré-industrial) para 396 partes por milhão em julho de 2014. Segundo previsões, a tendência é que este valor, comparado ao do ano 2000, cresça entre 25% e 90% até 2030, representando um aumento de 3°C na temperatura global até o fim do século (Adheesh *et al.,* 2016). O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) afirma que mesmo um pequeno aumento na temperatura do planeta de 1-2,5°C poderia induzir a graves impactos em todos os âmbitos de vida na Terra, como redução da produtividade de culturas tropicais, e levar a um aumento do risco de fome e disseminação de doenças sensíveis ao clima (Adheesh *et al.*, 2016).

De acordo com o Ipea (2011), o transporte motorizado baseado em combustíveis fósseis assumiu papel predominante nos deslocamentos cotidianos da população brasileira, respondendo por grande parte das emissões de poluentes nos grandes centros urbanos. Segundo dados da ANTP (2016), mais de 93% das viagens motorizadas no Brasil são feitas por modalidades baseadas em energia derivada do petróleo. Isso pode se refletir no quadro apontado pela EPE (2016) em que o setor de transportes foi responsável por 42% das emissões de CO_2 associadas a matriz energética brasileira no ano de 2015.

Nesse contexto, algumas cidades estão sofrendo com os altos níveis de poluição atmosférica urbana provocada pelos transportes, dentre elas São Paulo, onde quatro mil pessoas morrem por ano por problemas causados pela poluição do ar, gerando despesas de US$ 1,5 bilhão ao Estado (Vaz *et al.,* 2015). Assim, como forma de combater o aumento dos níveis de poluição atmosférica e consequentemente suas externalidades negativas, o Brasil se comprometeu, na 21ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21), a reduzir em 43% as emissões de gases do efeito estufa até 2030. O objetivo do acordo, conhecido como Acordo de Paris, é reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera de forma a manter o aquecimento global abaixo de 2°C. Em razão da amplitude desse desafio, é imprescindível que o setor de transporte urbano se adapte ao crescimento demográfico sem aumentar os níveis de poluição.

Uma vez que o setor de transportes é um dos maiores responsáveis por emissões de CO_2 no Brasil e a proporção de viagens por modalidades que se utilizam da queima de combustíveis fósseis é bastante elevada no país, a eletrificação dos veículos rodoviários surge como uma opção relevante para superar o problema da poluição atmosférica. Entretanto, deve-se destacar que, para que os benefícios da eletrificação extensiva dos transportes sejam reais, a energia elétrica que os alimenta deve ser proveniente de fontes de energia limpas e renováveis. Neste sentido, a eletrificação se mostra ainda mais pertinente, uma vez que 74% da energia elétrica brasileira é dessas fontes (Aneel, 2018) e o país ainda apresenta grande potencial para o desenvolvimento de energia eólica e solar.

Deve-se destacar que a eletrificação do transporte urbano não é uma abordagem nova, contudo as tecnologias usadas atualmente são. Os modos de transporte elétricos sem as limitações das pistas de bondes e das linhas elétricas dos trólebus se tornou uma das mais atrativas soluções em termos de eficiência, cobertura e versatilidade. (Varga *et al.*, 2016). Apesar da maior flexibilidade operacional dos motores a combustão interna, a eficiência energética dos motores elétricos se mostra bastante superior. De forma mais específica, os

motores inteiramente elétricos possuem eficiência total em torno de 59% a 62%, enquanto os de combustão interna, de 17 a 21% (Vaz *et al.*, 2015). Por esta razão, Bloomberg New Energy Finance (2018) aponta que, em algumas configurações, os veículos elétricos já se mostram mais baratos que os veículos de combustão interna quando se avalia o custo total de propriedade.

Para a transição para um futuro de veículos rodoviários eletrificados, o World Economic Forum (2018) recomenda um plano de ação baseado em três princípios; (i) uma abordagem *multistakeholders* (planejadores urbanos, de transportes, setor elétrico, decisores políticos etc.) e que considere as especificidades de cada localidade, (ii) instalação de infraestruturas de carregamento, essenciais hoje enquanto se antecipa as transformações da mobilidade urbana; e (iii) priorização da eletrificação de veículos de alta utilização. A priorização deste tipo de veículos, isto é, veículos de transporte de carga, táxis, *mobility-as-a-service* e transporte público, é explicada pelo fato destes representarem o maior volume de quilômetros rodados. Apesar dos veículos particulares ainda representarem uma porção significativa da frota veicular, estes estão em operação menos de 5% do tempo.

Dessa forma, impulsionadas pela crescente preocupação com a qualidade do ar no meio urbano, pelas emissões de gases do efeito estufa e pela economia potencial dos custos operacionais dos veículos elétricos, cidades em todo o mundo iniciaram a eletrificação dos ônibus nas suas redes de transporte público. Cidade do Cabo, Copenhague, Hamburgo, Los Angeles, Nova York, Oslo, Rugao (China), Amsterdã e São Francisco concordaram em adotar ônibus de "emissão zero" em suas frotas de transporte público até 2022 e, assim, zerar as emissões dos seus ônibus urbanos (Carter e Varghese, 2017). Entretanto, apesar destes motivadores e de algumas cidades já terem iniciado o processo, a transição para uma frota elétrica nos transportes públicos ainda apresenta algumas barreiras. Dentre elas destacam-se o alto custo de investimento inicial dos ônibus elétricos frente aos movidos a diesel e a incerteza quanto ao valor residual do veículo (bateria) após o fim da vida útil.

Este artigo, portanto, tem como tema central a eletrificação do transporte público no Brasil e como objetivo principal apresentar as perspectivas para essa eletrificação, seus principais aspectos e barreiras. Para isso, o trabalho é divido em quatro seções além desta introdução. A seção de número dois, em que são apresentados os detalhes a respeito da tecnologia veicular; a seção três, dedicada a apresentar os aspectos ambientais e econômicos da eletrificação do transporte público; a quarta seção, na qual são evidenciadas as barreiras de implementação desta tecnologia no transporte público e, por último, a seção dedicada às considerações finais do trabalho.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

TECNOLOGIA VEICULAR

Os veículos eletrificados podem ser separados em primeira mão em totalmente elétricos ou híbrido-elétricos. Esta seção tem como objetivo abordar, de maneira breve, cada uma dessas tecnologias.

Veículos totalmente elétricos

Os veículos totalmente elétricos utilizam a eletricidade armazenada nas baterias embarcadas para a alimentação do motor elétrico de tração ou propulsão. Essas baterias são recarregadas conectando o veículo a carregadores externos ou na rede.

Uma vez que não há combustão na operação, emitem zero gases do efeito estufa na sua operação e uma quantidade significativamente menor de material particulado, este proveniente somente do atrito de peças mecânicas e do pneu com o solo. Possuem menos peças do que um veículo convencional, o que também facilita e diminui o custo de manutenção. A seguir são apresentados os principais componentes dos sistemas integrantes dos veículos totalmente elétricos.

Trem de força

O trem de força é responsável por converter a energia elétrica contida nas baterias em energia mecânica e, na frenagem, converter parte da energia cinética novamente em eletricidade. É composto principalmente pelo motor elétrico de tração ou propulsão, pelo cardan e diferencial ou conjunto eixo-hélice e pelos conversores e inversores auxiliares. De acordo com Krithika e Subramani (2018), os modelos mais utilizados de motores são os de corrente contínua, imã permanente síncrono, indução e relutância variável. Os motores elétricos são capazes de fornecer seu torque nominal quando ainda se encontram em rotações muito baixas, fato esse que implica em uma aceleração muito maior em veículos elétricos do que nos convencionais.

Baterias

De acordo com o Departamento de Energia dos Estados Unidos, os tipos mais comuns de baterias utilizados em veículos elétricos são as de íons de lítio, as de níquel-hidreto metálico e as de chumbo ácido.

As baterias de íons de lítio são as mais utilizadas por disporem de grande energia específica e alta eficiência na operação. Podem ser recicladas, porém com custos ainda elevados.

Já as baterias de níquel-hidreto metálico possuem grande vida útil em ciclos e também são amplamente utilizadas em veículos elétricos, porém o seu alto custo, grande autodescarga e quantidade de calor gerada em altas temperaturas ainda limitam a tecnologia.

As baterias de chumbo ácido são as mais antigas no meio automobilístico. São baratas e podem ser projetadas para fornecer altas potências instantâneas, porém a sua baixa densidade de energia e vida útil as descartam para a utilização em larga escala em veículos eletrificados.

Estima-se que a vida útil de uma bateria em veículos elétricos dura de 8 a 10 anos, quando aproximadamente 20% da sua carga máxima é perdida (Hu *et al*., 2017). Após esse período, as mesmas podem ser recicladas ou utilizadas em outras atividades que demandem menos energia, como bancos de baterias para armazenagem de energia solar por exemplo.

Sistemas auxiliares

Em um veículo convencional, muitos dos sistemas auxiliares estão diretamente acoplados ao motor de combustão interna. Dentre eles pode-se citar o sistema pneumático para a suspensão do veículo e controle das portas, o sistema de direção hidráulica e o compressor do ar condicionado. Em um veículo eletrificado, cada um desses sistemas pode necessitar um motor elétrico independente de menor porte para o correto funcionamento do mesmo, uma vez que as rotações e potências nominais são, em geral, diferentes. Um grande desafio da eletrificação é a instrumentação e controle de cada um desses sistemas para que possam operar de maneira eficiente e transparente ao motorista.

Conversores e inversores de potência

O banco de baterias embarcado fornece energia na forma de corrente contínua e em uma determinada tensão de projeto. Em geral, os motores elétricos de tração/propulsão e dos sistemas auxiliares e o carregador do veículo no caso de veículos plugáveis funcionam com corrente alternada e em tensões que podem ser diferentes das do banco de baterias. É papel dos inversores transformar a corrente contínua vinda das baterias em corrente alternada e ajustar a tensão para o equipamento em questão. Outros sistemas funcionam nativamente em corrente contínua, como por exemplo o controle de integração dos sistemas e acessórios de hotel (luzes, tomadas usb, rádio etc.), porém também em tensões que podem ser diferentes das do banco de baterias. É papel dos conversores ajustar a tensão para o correto funcionamento desses sistemas. Cada vez mais dispositivos eletrônicos de potência são utilizados em veículos elétricos. Assim, o desenvolvimento de conversores e inversores de potência cada vez mais compactos com grande eficiência e confiabilidade tem se tornado um grande desafio (Krithika e Subramani, 2018).

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Veículos híbridos elétricos

Os veículos híbridos-elétricos dispõem de um ou mais extensores de autonomia embarcados além dos elementos existentes em veículos totalmente elétricos descritos anteriormente. De acordo com Gebrehiwot e Van den Bossche (2015), alguns dos principais benefícios desta categoria são:

- Maior eficiência na operação, quando comparado a um modelo de veículo convencional, movido a motor de combustão interna.
- Modo silencioso de operação, utilizando somente o motor elétrico.
- Funcionamento como gerador estacionário para alimentação de instalações ou de outros veículos.
- Redução no tamanho dos componentes: uma vez que as baterias também atuam como *buffers* para picos de potências instantâneas, os extensores de autonomia podem ser dimensionados de acordo com as potências médias.

Estes podem ser classificados quanto ao tipo de extensor de autonomia e ao arranjo da hibridização.

Extensores de autonomia

Extensores de autonomia são sistemas embarcados capazes de gerar energia durante a operação, recarregando as baterias e consequentemente estendendo a autonomia do veículo. Os principais modelos existentes são:

- Pilhas a combustível: convertem, através de processos eletroquímicos, a energia química contida no hidrogênio armazenado sob alta pressão em tanques embarcados em energia elétrica. Krithika e Subramani (2018) apontam as pilhas a combustível de membrana de troca de prótons como as mais indicadas para usos automotivos.
- Grupo motor-gerador: sistema composto de um motor a combustão interna acoplado a um motor elétrico funcionando como gerador. O motor a combustão interna pode ser alimentado por diversos tipos de combustível, como a gasolina, o diesel e o gás natural comprimido. Uma vez que o motor a combustão interna não está diretamente acoplado ao movimento do veículo, ele pode funcionar em regime estacionário e em sua rotação e torque de maior eficiência global, garantindo um menor consumo de combustível (Gebrehiwot e Van den Bossche, 2015).
- Motores a combustão interna: são alimentados pelo tanque de combustível ou cilindros de gás natural e podem funcionar ao mesmo tempo que o motor elétrico para ampliar a potência instantânea do veículo, ou individualmente ao motor elétrico, no caso de o regime de operação ser mais eficiente.

- *Flywheel* e/ou supercapacitores: restauram energia cinética da frenagem na forma de energia mecânica (*flywheel*) ou energia elétrica (supercapacitor). Seu diferencial é a capacidade de liberar a energia em grandes potências instantâneas por curtos períodos de tempo durante a aceleração (Kafalis e Karlis, 2016). Não apresentam restrições em sua instalação quanto ao *layout* de hibridização. No caso do *flywheel*, a energia armazenada é linearmente proporcional à sua massa e quadraticamente proporcional à sua velocidade angular (Capata, 2018). Como este é tipicamente montado sobre rolamentos convencionais, a sua velocidade angular é limitada em poucos mil rpm. Dessa forma, o armazenamento de grandes quantidades de energia através desse sistema aumenta o tamanho e o peso bruto total do veículo, podendo reduzir o espaço interno e prejudicar o desempenho do mesmo em circuitos com aclives.

Deve-se destacar, contudo, que em percursos com baixa necessidade de frenagens, como rodovias, as vantagens relativas à recuperação de energia diminuem a eficiência do veículo híbrido. Dessa forma, tais veículos se aproveitam melhor deste sistema em percursos com um maior número de frenagens, que é o caso do transporte urbano.

Arranjo

De acordo com o arranjo dos extensores de autonomia, os sistemas híbridos podem ser divididos em série, paralelo ou série-paralelo.

- Série: o motor elétrico é responsável por tracionar ou propulsionar o veículo. A energia para a sua alimentação pode se originar das baterias ou do extensor de autonomia. Tanto os extensores de autonomia que utilizam pilhas a combustível quanto os que utilizam grupos de motor-gerador podem se encaixar nessa categoria.
- Paralelo: tanto o motor a combustão quanto o motor elétrico podem tracionar ou propulsionar o veículo, ao mesmo tempo, ou individualmente.
- Série-paralelo: apresenta as características de ambos os sistemas, série e paralelo.

Na seção a seguir serão apresentados os aspectos ambientais e econômicos da introdução dos ônibus elétricos no transporte público.

ASPECTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS

Esta seção tem como finalidade apresentar os aspectos ambientais e econômicos dos ônibus elétricos. Para tal, estes aspectos são apresentados em três subitens, (i) redução da poluição do ar, (ii) redução da poluição sonora e (iii) aspectos econômicos.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Redução da poluição atmosférica

Segundo o Ipea (2011), pode-se classificar a poluição veicular em duas categorias, de acordo com a abrangência dos seus impactos. A poluição local, que causa danos no entorno onde o serviço de transporte é realizado, e os poluentes globais, que impactam o planeta como um todo. Dentre os poluentes locais nocivos à saúde e que degradam o ambiente urbano estão: materiais particulados (MP), óxidos de nitrogênio (NOx) e dióxido de enxofre (SO_2) que podem se apresentar na forma de fuligem que sai dos escapamentos dos veículos, freios, pneus e superfície viária. Por outro lado, os poluentes globais são gases expelidos na atmosfera e que contribuem para o aquecimento global. É o caso do dióxido de carbono (CO_2), um importante gás causador do efeito estufa (GEE).

Apesar dos veículos totalmente elétricos serem considerados veículos de emissão zero, esta afirmação não necessariamente é válida quando se considera toda a cadeia de fornecimento de energia elétrica. Isso porque a energia que abastece o veículo pode não vir de uma fonte limpa (Ajanovic e Haas, 2016). Nesse sentido, a expectativa na redução de gases poluentes é muito maior sobre veículos totalmente elétricos e alimentados por fontes de energia limpa.

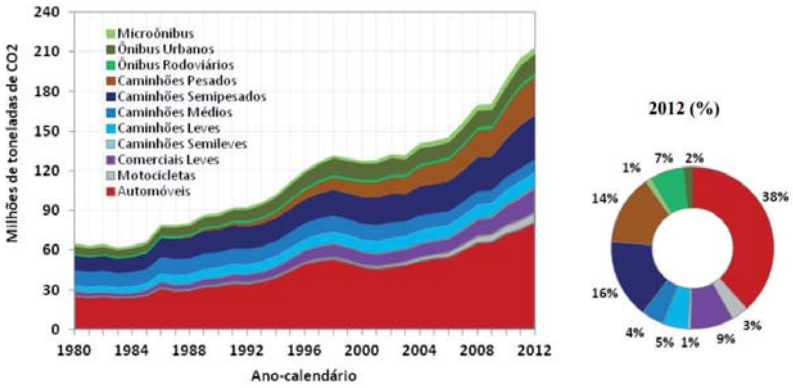
Wu e Zhang (2017) avaliam a capacidade dos veículos elétricos de reduzirem as emissões de gases poluentes pela substituição de veículos de combustão interna por veículos completamente elétricos e híbridos. Tal avaliação considera o método *well-to-wheel* (da fonte a roda) para identificar a quantidade de CO_2 e outros poluentes emitidos por cada kWh gerado, considerando a matriz energética de cada país e respectivas perdas energéticas de transmissão. Dentre os Brics, o Brasil aparece como o país com o maior potencial de redução de CO_2 e NOx devido à grande participação de energia hidroelétrica na sua matriz. Por outro lado, os MP e SO_2 apresentam um leve incremento em relação aos veículos de combustão interna. Isto acontece devido à produção de MP e SO_2 no processo de geração de energia ser superior à da operação veicular. Entretanto, deve-se ressaltar que tais poluentes, classificados como poluentes locais, serão emitidos nas proximidades das usinas geradoras de energia, distantes das regiões mais densamente povoadas (centros urbanos) e por poucas fontes (diferentemente de uma frota de veículos). Ademais, Wu e Zhang (2017) pontuam que a tecnologia para redução de poluentes atmosféricos locais (MP e SO_2) é madura atualmente e existem vantagens devido à economia de escala.

A seguir serão quantificadas as possíveis variações nas emissões de CO_2 e MP10 (material particulado inferior a 10 micrômetros) na substituição da frota de ônibus urbanos e micro-ônibus por modelos elétricos.

Variações nas emissões de CO_2

De acordo com o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários de 2013 (Ministério do Meio Ambiente *et al*., 2013), as emissões de CO_2 provenientes do modo rodoviário para o ano de 2012 podem ser divididas por categorias de veículos. Tal divisão é apresentada na figura 1. Observa-se que ônibus urbanos e micro-ônibus são responsáveis por 9% do total de emissões, isto é, 19,08 milhões de toneladas de CO_2.

Figura 1
Emissão de CO_2 no modo rodoviário dividida entre as categorias de veículos circulantes – 1980 a 2012



Fonte: Ministério do Meio Ambiente et al., 2013.

Ainda segundo o Ministério do Meio Ambiente *et al.* (2013), o consumo de diesel para ônibus urbano e micro-ônibus no ano de 2012 foi de, respectivamente, 5.377 x 10^3 m³ e 1.320 x 10^3 m³, com um consumo específico de 224 g de diesel para cada kWh de energia gerada, nas duas categorias. A densidade relativa do diesel combustível é definida entre os intervalos de 0,835 a 0,845 (Petróleo Brasileiro S. A., 2018). Para fins de comparação, utilizou-se o valor médio de 0,84. Dessa forma, somando o total de diesel em m³ consumido e transformando para gramas, é possível calcular qual o equivalente em MWh por todo o diesel consumido para as categorias selecionadas, de acordo com a equação 1:

$$\frac{(5377.10^6 + 1320.10^6).10^3.0.4}{224} = 25{,}114 \text{ milhões de MWh} \qquad \text{(eq. 1)}$$

De acordo com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, a quantidade de CO_2 emitido para geração de cada MWh no Brasil no

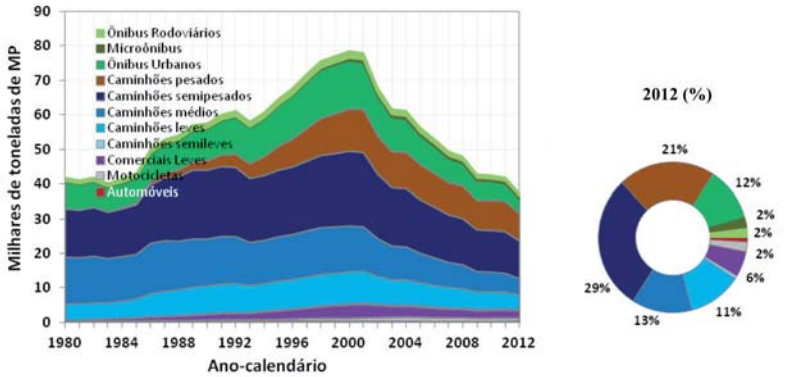
ano de 2012 foi de 0,0653. Esse fator considera as usinas operantes neste tempo e a proporção de geração de cada uma delas. Ao multiplicar o valor obtido da energia utilizada para movimentar essas duas categorias (ônibus urbano e micro-ônibus) pelo fator de emissões, chega-se a um total de 1,64 milhões de toneladas de CO_2. Ou seja, a substituição dos ônibus e micro-ônibus por modelos elétricos, considerando toda a geração de energia para carregamento desses ônibus, garantiria uma redução de 17,44 milhões de toneladas de CO_2 (91,4%) para o ano de 2012.

Vale notar que a eficiência dos veículos com motores a combustão interna a diesel é inferior à dos veículos elétricos, ou seja, a quantidade de energia elétrica necessária tenderia a ser ainda menor, ampliando ainda mais as diferenças nas emissões.

Variações nas emissões de MP10

A emissão de material particulado dividida por categorias de veículos diesel pode ser observada na figura 2 para os anos de 1980 a 2012 (Ministério do Meio Ambiente *et al.*, 2013).

Figura 2
Emissão de material particulado (MP10) no modo rodoviário dividida entre as categorias de veículos circulantes – 1980 a 2012



Fonte: Ministério do Meio Ambiente et al., 2013.

Para o ano de 2012, emissões de material particulado nas categorias micro-ônibus e ônibus urbanos são da ordem de 4,9 milhares de toneladas. Segundo Wu e Zhang (2017), emite-se aproximadamente 0,31 gramas de MP10 para cada kWh de energia elétrica gerada no Brasil. Utilizando o valor apresentando na equação 1 de consumo brasileiro de diesel no ano de 2012 (25.114 milhões de MWh em energia), mul-

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

tiplicando-se o fator de emissão do Brasil pela quantidade de energia demandada em 2012 obtém-se a equação 2.

$$\frac{(25{,}114.10^9 \; x \; 0{,}31)}{10^9} = 7{,}79 \text{ milhares de toneladas} \qquad \text{(eq. 2)}$$

Ou seja, a produção de energia elétrica para alimentar a frota de micro-ônibus e ônibus urbanos elétricos emitiria 58,9% mais material particulado do que a própria combustão do diesel. Contudo, como mencionado anteriormente, este poluente local seria emitido distante dos centros urbanos e por fonte de energia concentrada, facilitando a sua captura e apresentando economias de escala.

Redução da poluição sonora

Além da redução da poluição atmosférica, os motores elétricos, por serem mais silenciosos do que os de combustão interna, apresentam grande potencial para reduzir a poluição sonora nos grandes centros urbanos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera o barulho como um poluente e, desde 2003, o reconhece como o terceiro mais danoso à saúde, atrás da poluição do ar e da água. Segundo a própria OMS, a principal causa de ruído nas grandes cidades é o trânsito e seus efeitos e, de acordo com Méline *et al.* (2013), vão além da perda de audição, provocando distúrbios de sono, cardiovasculares, mentais e psicológicos, como cefaleia, ansiedade, depressão, até problemas de cognição em crianças.

Portanto, além dos benefícios para a população em geral e para o usuário de transporte público, os operadores também se beneficiam do menor índice de ruídos dos ônibus elétricos. Ao oferecerem um serviço mais silencioso e com menos vibrações, a qualidade do serviço é majorada e o conforto dos usuários ampliado, atraindo assim um maior número de clientes e mais receita. Além disso, graças ao menor número de peças dos ônibus elétricos, estes necessitam de menos manutenção e ficarão menos tempo imobilizados, melhorando a operação do serviço.

Aspectos econômicos

Embora os custos de energia correspondam a uma pequena parcela do custo total de transportes, altos preços de combustíveis fósseis e baixos preços de eletricidade podem vir a motivar a troca por ônibus elétricos. Espera-se que os preços do petróleo cresçam nas próximas décadas, devido ao incremento nos custos de exploração do petróleo em regiões não convencionais (xistos e areias petrolíferas). Ademais, a crescente demanda por petróleo na China e na Índia poderá provocar aumentos regulares nos preços devido à escassez

de oferta. O preço da eletricidade também é suscetível a aumento, porém espera-se um aumento inferior ao preço do petróleo. As políticas de carbono provocarão um custo adicional nos combustíveis fósseis e o efeito global das alterações nos preços estimulará a eletrificação e o uso de veículos mais eficientes em termos de consumo de combustível (Dijk *et al*., 2013).

Apesar dos ônibus elétricos apresentarem alto custo, menor autonomia operacional e necessidade de infraestrutura de carregamentos, quando se analisa o custo total de propriedade (*total cost of ownership)*, calculado através da equação 3, os veículos elétricos, de forma geral, ainda são mais caros que os a combustão interna, principalmente em razão dos custos de investimento (Hagman *et al*., 2016):

$$TCO = \frac{(IC + \tau_{REG}) \times \alpha)}{skm} + P_f FI + \frac{C_{O\&M}}{skm} \text{ (reais/100 km)} \qquad \text{(eq. 3)}$$

em que

TCO - custo total de posse

IC = custos de investimentos

τ_{REG} = taxa de registro

α = fator de recuperação do capital

skm = quantidade de quilômetros rodados por ano

P_f = preço de energia incluindo taxas

FI = consumo de energia dos veículos

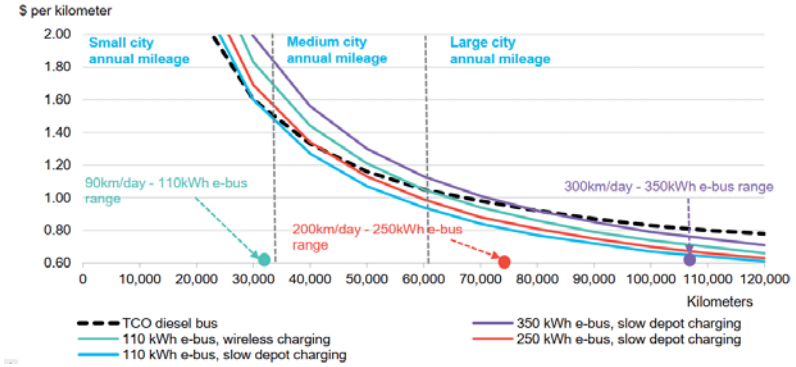
$C_{O\&M}$ = custos de operação dos veículos

Entretanto, ao analisar a equação 3, observa-se que o custo de propriedade cai conforme a quantidade de quilômetros rodados por ano aumenta. Neste sentido, Bloomberg New Energy Finance (2018) destaca que, em certas combinações de tipos de bateria e carregadores, os ônibus elétricos podem apresentar um TCO inferior aos movidos a diesel. O estudo analisa quatro tipos de combinações:

- Bateria de 350 kWh usando carregamento lento na garagem;
- Bateria de 250 kWh usando carregamento lento na garagem;
- Bateria de 110 kWh usando carregamento lento na garagem;
- Bateria de 110 kWh usando carga lenta na garagem e carregamento sem fio em rota.

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

Figura 3
Comparação do custo total de propriedade dos ônibus elétricos em relação aos ônibus a diesel conforme a quilometragem rodada



Fonte: Bloomberg New Energy Finance, 2018.

Considerando a realidade das metrópoles brasileiras em que os ônibus rodam em média 300 quilômetros por dia, utilizar um ônibus com bateria de 350 kWh e carregador lento na garagem se torna mais barato a partir de 80 mil quilômetros rodados. Isto significa que ônibus com baterias de maior capacidade devem ser considerados apenas para cidades com média diária acima de 220 quilômetros. Para rotas mais curtas ou cidades de médio porte, veículos com baterias de 250 kWh apresentam TCO inferior ao do ônibus a diesel a partir de 40 mil quilômetros anuais, representando 110 quilômetros por dia.

Além disso, de acordo com as previsões de Bloomberg New Energy Finance (2018), os preços dos ônibus elétricos se igualarão aos dos veículos a diesel até 2030. Até lá, espera-se que o conjunto de baterias nos ônibus elétricos corresponda a apenas 8% do preço total do ônibus, isto é, menos do que os 26% em 2016.

Ainda sob o ponto de vista econômico, Bloomberg New Energy Finance (2018) ressalta que uma das motivações para a adoção dos ônibus elétricos é o desenvolvimento da indústria local. A criação de empregos ligados à produção de ônibus elétricos e nas indústrias relacionadas ao setor pode ser um ponto de convencimento (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

BARREIRAS

Apesar dos aspectos ambientais e econômicos apresentados acima se mostrarem vantajosos, ainda existem diversos fatores que dificultam a adoção extensiva dos ônibus elétricos. Esta seção, portanto, baseada em revisão da literatura, é dedicada a apresentar as principais barreiras para sua adoção em larga escala.

Altos custos iniciais de investimento: embora o custo total de propriedade de um ônibus elétrico possa ser inferior ao de um ônibus a diesel, o custo total de propriedade nem sempre é o principal critério considerado pelos municípios ao tomar uma decisão de compra. Muitas cidades não possuem fundos para investirem em ônibus elétricos com custos iniciais mais elevados, mesmo com subsídio do governo. Atualmente, este é um dos principais fatores que estão desacelerando a adoção dos ônibus elétricos no mundo. Entretanto, existe uma oportunidade de as cidades mudarem a forma como adquirem veículos, considerando, além da compra direta, empréstimos, *leasing* de veículos e baterias etc. Os pagamentos de empréstimos ou *leasing* poderiam ser cobertos com economias dos custos operacionais, ajudando a adoção mais rápida dos ônibus elétricos (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Escalabilidade: a maioria dos ônibus elétricos em operação nos EUA e Europa hoje foi comprada utilizando subsídios governamentais a nível federal e local. Tal medida não é escalável, isto é, não pode ser reproduzida em larga escala. Portanto, para que esta indústria amadureça, o custo inicial dos ônibus elétricos precisará cair para que estes fiquem mais competitivos em relação aos ônibus a diesel. Até lá, opções de financiamento como o programa de *leasing* de baterias terão um papel importante na redução dos custos dos ônibus elétricos (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Flexibilidade e experiência operacional: os ônibus elétricos podem ser menos flexíveis do que os ônibus a diesel devido à sua autonomia e dependência de diferentes opções de carregamento. Isso dificulta incorporá-los em rotas de ônibus muito longas ou que operam por 24 horas. A falta de experiência com a operação de ônibus elétricos em escala comercial também é uma barreira para sua adoção no transporte público (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Segundo o Banco Mundial (2017), os operadores de ônibus tendem a ser adversos a riscos quando se trata em experimentar novas tecnologias de veículos. De acordo com o levantamento do próprio Banco Mundial na América Latina, variáveis relacionadas com o desempenho dos veículos, como combustível e manutenção, compõem mais de 2/3 dos custos ao longo do ciclo de vida de um ônibus convencional a diesel. Nesse contexto, os operadores que não estão familiarizados com a nova tecnologia podem entender a transição para uma frota mais limpa como um negócio arriscado.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Ademais, é importante notar que nem todos os operadores estão em pé de igualdade no que diz respeito ao risco tecnológico. Grandes operadores experientes estão em posição de pedir a um fabricante um ônibus de teste para operar por um longo período de tempo, ou até mesmo comprar um par de veículos para fins de teste. Eles também podem monitorar de perto os custos operacionais. Os operadores menores, entretanto, não possuem a mesma capacidade ou recursos. Nesse sentido, os grandes *players* experientes são mais propensos a serem os primeiros a adotar os ônibus elétricos, enquanto os operadores menores e menos experientes precisarão de incentivos extras (Banco Mundial, 2017).

Dificuldade de revenda de veículos usados: os grandes operadores de ônibus nas maiores cidades brasileiras em geral preferem reduzir seus gastos com manutenção dos veículos e revendê-los para cidades de menor porte, mantendo uma baixa idade média da frota. Entretanto, são estes mesmos operadores que apresentam maior capacidade de suportar os riscos de operar uma nova tecnologia. Dessa forma, a facilidade de revenda oferecida pelos veículos a diesel pode ser considerada uma barreira para adoção dos ônibus elétricos no país.

Barreiras de entrada no mercado para fabricantes internacionais: promover a concorrência e a inovação no setor de ônibus é difícil quando os fabricantes internacionais lutam para entrar no mercado de um país. Em países em desenvolvimento, os baixos custos de mão de obra e uma indústria de autopeças estabelecida tornam difícil para as fabricantes de veículos do exterior superarem os custos de produção. Além disso, os fabricantes com presença local são percebidos como mais confiáveis quanto à disponibilidade de peças sobressalentes e serviços de manutenção (Banco Mundial, 2017).

Queda do custo da tecnologia: cidades/operadores estão cientes de que os custos da bateria estão caindo. Alguns podem estar postergando suas decisões de compra de ônibus elétricos para evitar riscos de financiamento associados com a queda de custo de tecnologia. Enquanto para algumas cidades isso faça sentido, muitas outras vão querer iniciar a transição para ônibus elétricos antecipadamente para terem tempo suficiente para atualizações graduais da infraestrutura para atender às necessidades de uma frota de ônibus totalmente elétrica (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Requisitos de aquisição (Bancos Multilaterais de Desenvolvimento): ao financiar programas de ônibus, os Bancos Multilaterais de Desenvolvimento (MDB) tradicionalmente se concentravam apenas nos custos de aquisição, sem levar em conta outros custos incorridos ao

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

longo do ciclo de vida de um veículo e as incertezas associadas. Depois de uma análise cuidadosa, o Banco Mundial decidiu alinhar sua política de aquisições com as boas práticas comerciais com base no princípio de que eles aderem aos princípios de *value for money* – considerando o valor durante todo o ciclo de vida e não apenas para aquisição e porque esse alinhamento facilitou operadores a gerenciarem as incertezas financeiras relacionadas à operação e manutenção (Banco Mundial, 2017).

Cargas de eletricidade demandadas e problemas de rede: as operadoras de ônibus ficam apreensivas com o possível aumento das tarifas de energia e das cargas demandadas com a crescente demanda por eletricidade dos ônibus elétricos. Possíveis "apagões" durante condições meteorológicas extremas também são uma preocupação. O espaço necessário para instalar os carregadores nas garagens ou ponto/terminais de ônibus também pode ser um problema – assim como a discordância do poder público em instalar carregadores de pantógrafos nos pontos de ônibus (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Falta de padronização das infraestruturas de carregamento: a falta de padronização da infraestrutura de carregamento está dificultando o estabelecimento do valor residual dos ônibus elétricos. O comprador de um ônibus usado já deve ter o mesmo padrão de carga, caso contrário, será necessário um investimento em nova infraestrutura de recarga. Além disso, a fragmentação de padrões geralmente prende os operadores a um único fabricante ou força investimentos adicionais em infraestrutura caso eles decidam mudar de fornecedor de ônibus. Isso reduz a concorrência. Os fornecedores europeus de ônibus foram os primeiros a abordar essa questão e, em março de 2016, Irizar, Solaris, VDL e Volvo concordaram em garantir a interoperabilidade dos ônibus elétricos que produzem com a infraestrutura de recarga fornecida pela ABB, Heliox e Siemens12 (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme a população urbana continua a crescer, identificar opções de transporte sustentáveis e que apresentem um bom custo-benefício se torna ainda mais crítico. A introdução dos ônibus elétricos é uma das formas mais promissoras de redução das emissões de gases do efeito estufa, poluentes locais nocivos à saúde e poluição sonora. Os ônibus elétricos apresentam zero emissões na sua operação e um baixo nível de CO_2, principalmente em regiões que apresentam uma alta porcentagem de energia elétrica proveniente de fontes limpas e renováveis, como o caso do Brasil.

Os ônibus elétricos se apresentam mais vantajosos conforme a quilometragem rodada anualmente cresça. Nas cidades brasileiras de médio e grande porte, em que os ônibus do transporte público rodam em média 200 a 300 km por dia, respectivamente, existem combinações de veículos com carregadores que apresentam um custo total de propriedade inferior. Contudo, observa-se que tanto a redução da poluição ambiental quanto o menor custo ainda não são suficientes para a sua adoção generalizada.

Dentre as principais barreiras que impedem a popularização do ônibus elétrico estão os altos custos iniciais de investimento, tanto no veículo quanto na infraestrutura de carregamento, a aversão a risco dos operadores em relação a uma nova tecnologia, a dificuldade de revenda dos veículos para cidades menores e a falta de flexibilidade e experiência operacional.

Espera-se que, com o amadurecimento da tecnologia, os preços tendam a cair, as incertezas a diminuir e a experiência operacional a se desenvolver. Contudo, até lá, para viabilizar a transição para um transporte público limpo, será necessário desenvolver novos arranjos para aquisição dos ônibus, como subsídios federais e locais, *leasing* de veículos e baterias e compras conjuntas (*joint procurement*). Além dos novos arranjos de financiamento, é necessário se pensar em novos desenhos de contrato com alocação de risco adequada e que garanta que o risco da tecnologia seja alocado a quem tem maior capacidade de suportá-lo. É possível que novos *players* entrem no mercado de transporte urbano, como fabricantes de veículos oferecendo *leasing* e manutenção dos ônibus, e *utilities* de energia oferecendo infraestrutura de carregamento.

Como pesquisas futuras recomenda-se o desenho de novas formas de financiamento e de contratos de prestação de serviço, estudos do impacto desses veículos na rede elétrica e o planejamento da operação de uma frota de transporte público elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHEESH, S. R.; VASISHT, S. M.; RAMASESHA, S. K. Air-pollution and economics: diesel bus versus electric bus. *Current Science*, vol. 110, 2016, p. 858–862.

AJANOVIC, A.; HAAS, R. Dissemination of electric vehicles in urban areas: major factors for success. *Energy*, vol. 115, 2016, p. 1451–1458.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. BIG – Banco de Informações de Geração. Capacidade de geração do Brasil. 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>.

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. Sistema de Informações de Mobilidade Urbana. Relatório geral 2014. 2016. Disponível em: < http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--geral_2014.pdf >.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

BANCO MUNDIAL. The transition to low-carbon buses in Mexico: it's not (only) about the money. *World Bank Transport for Development blog*, 2017. Disponível em: <http://blogs.worldbank.org/transport/transition-low-carbon-buses-mexico-it-s-not-only-about-money>. Acesso em: 2 set. 2018.

BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE. Electric buses in cities: driving towards cleaner air and lower CO_2, 40 cities climate leadership group. 2018. Disponível em: < https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2018/05/Electric-Buses-in-Cities-Report-BNEF-C40-Citi.pdf>.

CAPATA, Roberto. Urban and extra-urban hybrid vehicles: a technological review. Roma, Italy: Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Roma "Sapienza", 00184, 2018.

CARTER, L.; VARGHESE, J. *Electric buses technology*. New Zealand: MRCagney, 2017.

DIJK, M.; ORSATO, R. J.; KEMP, R. The emergence of an electric mobility trajectory. *Energy Policy*, vol. 52, 2013, p. 135–145.

DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS EUA. Batteries for hybrid and plug-in electric vehicles. Disponível em: <https://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html>. Acesso em: ago. 2018.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2016. Disponível em: < http://www.cbdb.org.br/informe/img/63socios7.pdf>.

GEBREHIWOT, Mulugeta; VAN DEN BOSSCHE, Alex. *Range extenders for electric vehicles*. Belgium: Dept. of Electrical Energy, Systems & Automation Ghent University Ghent, Conference paper, 2015.

HAGMAN, J.; RITZÉN, S.; STIER, J.; SUSILO, Y. Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion. *Research in Transportation Business & Management*, 2016.

HU, Y.; CHENG, H.; TAO, S. Retired electric vehicle (ev) batteries: integrated waste management and research needs. *Environmental Science & Technology*, vol. 51, ed. 19, 2017, p. 10927-10929.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Desafios da mobilidade urbana no Brasil, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td_2198.pdf>.

_____. Emissões relativas de poluentes do transporte urbano, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5574/1/BRU_n05_emiss%C3%B5es.pdf>.

KAFALIS, Konstantinos; KARLIS, Athanasios. *Comparison of flywheels and supercapacitors for energy saving in elevators*. 1-8. 10.1109/IAS.2016.7731825, 2016.

KRITHIKA, V.; SUBRAMANI, C. A comprehensive review on choice of hybrid vehicles and power converters, control strategies for hybrid electric vehicles. *International Journal of Energy Research*, vol. 42, ed. 5, 2018, p. 1789-1812.

MÉLINE, Julie *et al*. Transportation noise and annoyance related to road traffic in the French record study. *International Journal of Health Geographics*, vol. 12, n. 1, 2013, p. 44.

MILANEZ, A. Y. *et al*. O Acordo de Paris e a transição para o setor de transportes de baixo carbono: o papel da Plataforma para o Biofuturo. *BNDES Setorial*, vol. 45, Rio de Janeiro, 2017, p. 285-340.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E CULTURA. Fator médio. Inventários corporativos. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html>. Acesso em: 2 set. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE *et al*. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, 2013.

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. Ficha de emergência – óleo diesel, 2018.

VARGA, B. O.; ICLODEAN, C.; MARIASIU, F. *Electric and hybrid buses for urban transport: energy efficiency strategies*. Suíça: Springer, 2016.

VAZ, L. F. H.; BARROS, D. C.; CASTRO, B. H. R. de. Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. *BNDES Setorial*, vol. 41, 2015, p. 295–344.

WORLD ECONOMIC FORUM. Electric vehicles for smarter cities: the future of energy and mobility. *World Economic Forum Reports*, 2018. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf>.

WU, Y.; ZHANG, L. Can the development of electric vehicles reduce the emission of air pollutants and greenhouse gases in developing countries? *Transportation Research Part D*, vol. 51, 2017, p. 129–145.

Revista dos Transportes Públicos - ANTP

Orientação para os autores de artigos

A Revista dos Transportes Públicos está aberta à publicação de artigos sobre transportes públicos e trânsito, em diversas áreas, a saber:

1. Urbanismo
- *Legislação urbanística e mobilidade*
- *Uso e ocupação do solo e mobilidade*
- *Impacto de projetos de mobilidade no uso e na ocupação do solo*

2. Planejamento de transporte
- *Transporte público sobre trilhos*
- *Transporte público sobre pneus*

3. Economia do transporte
- *Financiamento do sistema de mobilidade*
- *Custos de implantação e operação de sistemas viários e de transporte*
- *Legislação fiscal em transporte*
- *Tarifas e sistemas tarifários*
- *Custo de externalidades (acidentes, poluição, congestionamento)*

4. Tecnologia de transporte e trânsito
- *Veículos públicos e privados*
- *Sistemas de controle e gerenciamento/Equipamentos*

5. Planejamento e gestão do trânsito
- *Políticas de mobilidade geral*
- *Políticas de mobilidade em meios específicos: caminhada, bicicleta, moto, automóvel*
- *Gestão do trânsito / Segurança e educação de trânsito*
- *Operação do trânsito*
- *Fiscalização e policiamento do trânsito*
- *Transporte de carga*

6. Meio ambiente
- *Energia na mobilidade*
- *Emissão de poluentes*

O autor deve indicar qual o tema e subtema a que seu artigo deve ser relacionado. O artigo deve ter, no máximo, 25 laudas digitadas (20 linhas com 70 toques cada uma), acompanhado de um resumo de seu conteúdo, em no máximo 5 linhas de 70 toques. As ilustrações e gráficos já estão contabilizados neste tamanho.

O artigo e o resumo devem ser enviados para o e-mail revista@antp.org.br ou em cd por correio para a ANTP – Rua Marconi, 34, 2º andar, conj. 21 e 22, República, CEP 01047-000, São Paulo, SP. No CD devem ser discriminados o programa, sua versão e os nomes dos arquivos.

O artigo expressa a opinião de seu(s) autor(es), que assumem inteira responsabilidade sobre o texto escrito. Os autores não recebem nenhuma remuneração da ANTP e todos os direitos autorais do(s) artigo(s) são cedidos à ANTP, sem ônus para nenhuma das partes.

A publicação de um artigo fica a critério do Conselho Editorial, podendo ser reproduzidos, bastando, para tanto, mencionar como fonte a *Revista dos Transportes Públicos*, da ANTP.

Associação Nacional de Transportes Públicos
Biblioteca ANTP
2011
www.antp.org.br

Caminhabilidade como instrumento de mobilidade urbana: reflexões sobre a realidade de Belo Horizonte

Leandro Cardoso
Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.
E-mail: leandrocardoso@ufmg.br

Izabela Ribas Vianna de Carvalho
Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.
E-mail: izabela.ribas@gmail.com

Nilson Tadeu Ramos Nunes
Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.
E-mail: nilson@etg.ufmg.br

A cidade é um organismo vivo que está em constante transformação. As pessoas interferem e alteram o ambiente de modo permanente, gerando consequências muitas vezes não planejadas diante do que foi projetado. O advento do automóvel pós-Revolução Industrial permitiu o alcance de maiores distâncias em um menor espaço de tempo. Logo, os investimentos em infraestrutura rodoviária bem como o aumento da capacidade de consumo e uso intensivo do automóvel modificaram as formas urbanas, condicionando-as a uma expansão horizontalizada das cidades chamada de dispersão urbana.

Com o crescimento das cidades, vieram as problemáticas resultantes, comprometendo serviços de transporte coletivo, além da distribuição de água, energia e coleta de esgoto. Além disso, ao moldar os espaços urbanos para atender à escala de veículos motorizados (individuais e coletivos), foram reduzidas as oportunidades para o pedestrianismo como forma de deslocamento (Gehl, 2013).

Ademais, na condição de um importante modo de locomoção, a dimensão do caminhar é considerada fator essencial na criação de "comunidades vivas", incentivando interações de vizinhança, tornando o ambiente urbano um lugar mais agradável e seguro para viver (Cambra, 2012). Nesse contexto, Jan Gehl afirma que "reforça-se a potencialidade para a cidade tornar-se viva, sempre que mais pessoas se sintam convidadas a caminhar, pedalar ou permanecer nos espaços da cidade" (Gehl, 2013, p. 3).

Biblioteca ANTP
Associação Nacional de Transportes Públicos
2011
www.antp.org.br

A busca por uma cidade com mais vitalidade, segura e saudável é uma tendência mundial. Projetos recentes de regeneração urbana, principalmente na Europa e na América do Norte, mostram como um ambiente urbano pode se tornar mais agradável se estes oferecem experiências atrativas para as pessoas.

Belo Horizonte é um exemplo esclarecedor desses processos. Trata-se de uma cidade relativamente jovem (inaugurada em 1897), que foi planejada sob preceitos modernistas para simbolizar o início da era republicana no Brasil. Poucas décadas após a sua inauguração, a ocupação já ultrapassava os limites do planejamento. Assim como diversas outras metrópoles brasileiras, sobretudo a partir da década de 1960, a cultura automobilística influenciou o desenho urbano para atender o fluxo veicular e a expansão territorial da cidade (Cardoso, 2007).

Por outro lado, com o esvaziamento e degradação do centro, projetos de requalificação urbanística e ambiental nos anos 2000, principalmente, buscaram a retomada de espaços públicos pela população de modo a tornar a área central um ambiente de encontro e circulação de todos. Desse modo, o pedestre, timidamente, vem ganhando visibilidade e espaço em pautas de políticas de mobilidade de Belo Horizonte, o que se manifesta, ainda que pontualmente, em ações e projetos promovidos pelo poder público municipal.

Por outro lado, para que o pedestre ganhe mais expressividade na mobilidade da cidade, Methorst *et al*. (2010) sugerem que, para criar espaços urbanos amigáveis ao pedestre, é necessário conhecer suas necessidades, desejos e habilidades, além das características da caminhada. Somente após a compreensão dessas propriedades é possível elaborar boas políticas e projetar, construir e manter instalações adequadas para pedestres e residentes. A mensuração dessas características é uma forma de compreender melhor o pedestre e o espaço no qual ele circula.

Partindo desse conceito, surge o termo "caminhabilidade" – proveniente do inglês *walkability* – que, basicamente, pode ser definido como a qualidade de um ambiente de caminhada, ou do ambiente dos pedestres (Park, 2008). Nesse sentido, é preciso que se criem condições para que pessoas se sintam convidadas a circular, permanecer e se socializar nas ruas. Para tanto, faz-se necessária a compreensão do ambiente pedonal através do desenvolvimento e aplicação de metodologias que auxiliem na tomada de decisões. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo desenvolver um índice de caminhabilidade para Belo Horizonte.

A CAMINHABILIDADE COMO FERRAMENTA DE SUSTENTABILI(CI)DADE

A reversão do cenário tradicional de precarização da mobilidade ativa de forma inequívoca passa (mas não somente) por investimentos em meios mais sustentáveis de locomoção, porém considerando os anseios e necessidades da população. De modo mais específico, a busca por padrões de mobilidade urbana sustentável está associada a investimentos (efetivamente qualitativos) em modos de transporte público coletivo (ônibus, metrô etc.) e em modalidades não motorizadas componentes do transporte ativo. Mas também, está associada ao (re)planejamento de padrões de uso e ocupação do solo, na medida em que, a partir da flexibilização desses padrões, sobretudo nas periferias das grandes cidades, o fomento a usos mistos pode acarretar uma maior proximidade entre origens e destinos dos cidadãos, o que, por sua vez, tende a gerar menor pressão sobre os sistemas de transporte público bem como sobre o sistema viário municipal, pois viagens mais curtas podem ser realizadas a partir de modos de transporte ativos.

Nesse contexto, a mobilidade urbana sustentável passa a ser compreendida como um atributo da cidade, não estando associada exclusivamente à disponibilidade (e respectivas características) de sistemas de transporte e de circulação. Em outras palavras, é a cidade que deve ser, de fato, sustentável, sendo a mobilidade um dos componentes desta condição.

Destarte, o conceito ora proposto de "sustentabili(ci)dade" (que congrega os conceitos de sustentabilidade, cidade, mobilidade e acessibilidade) se baliza na premissa de que o espaço urbano pode se tornar mais democrático e inclusivo caso seja (re)pensado, (re) planejado e (re)construído a partir de processos que viabilizem condições de acessibilidade e mobilidade espaciais mais igualitárias à população, de modo a propiciar uma maior apropriação dos espaços públicos e acesso às diversas oportunidades oferecidas pelas cidades.

Ademais, em consonância com o artigo 2º do Estatuto da Cidade, que entende como cidade sustentável aquela que garante o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, a ideia aqui defendida de sustentabili(ci)dade pressupõe a transformação/adaptação do espaço das cidades para que todos os cidadãos tenham seus anseios e necessidades de deslocamento para acesso a oportunidades (de trabalho, estudo, consumo etc.) favorecidos e facilitados pela cidade. Importa ressaltar que o conceito, por

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

se apoiar fundamentalmente na democratização da acessibilidade, prioriza a melhoria das condições de circulação de pedestres (e também ciclistas), conquanto, ainda que em níveis muito distintos, usuários das modalidades motorizadas de transporte (individual e coletivo) desfrutam tradicionalmente de algum privilégio (notadamente a partir da dotação de infraestruturas de suporte a cada um dos modos em questão) comparativamente aos cativos do transporte ativo. Acredita-se, então, que as cidades devem ser adaptadas para favorecer prioritariamente pedestres e ciclistas, historicamente negligenciados nas políticas públicas setoriais, especialmente nas grandes cidades brasileiras.

Nesse contexto, estudos sobre a caminhabilidade permitem que gestores compreendam melhor o ambiente pedonal, analisando suas fragilidades e potencialidades, viabilizando o foco dos esforços onde é necessário melhorar para então tornar as cidades mais amigáveis ao pedestre.

Os primeiros estudos realizados para avaliar o ambiente de pedestres surgiram a partir do conceito de nível de serviço, originário da engenharia de tráfego (Transportation Research Board, 2000). Fruin (1971), por sua vez, foi um dos primeiros pesquisadores a utilizar o conceito de nível de serviço para projetar espaços para pedestres. Inspirados no seu trabalho, alguns estudos foram desenvolvidos nesta área (Pushkarev, 1975; Transportation Research Board, 2000), considerando a mesma classificação de nível de serviço desenvolvida pelo autor, porém contendo diferentes graduações numéricas, já que os valores estabelecidos refletem características específicas de cada espacialidade onde foram desenvolvidos (Malatesta, 2007).

Cambra (2012), no entanto, destaca que esse tipo de classificação pedonal pode trazer resultados que não refletem a real qualidade de um ambiente para a caminhada, dado que tais métodos não consideram a imprevisibilidade das ações do pedestre. Dessa forma, novas linhas de pesquisa surgiram, pois percebeu-se a necessidade de produzir modelos que traduzam tanto as características objetivas quanto as subjetivas da caminhada.

Bradshaw foi um dos pioneiros no desenvolvimento de um método para se avaliar a qualidade do espaço para pedestres, tendo como referência a ideia de "caminhabilidade" ou *walkability* (Bradshaw, 1993). O conceito de caminhabilidade é relativamente novo e ainda não existe um consenso a respeito dele (Neto, 2015). Segundo a *Online TDM Encyclopedia*, a caminhabilidade reflete o conjunto das condições de uma viagem a pé em determinada área, podendo ser avaliada em diferentes escalas (Victoria Transport Policy Institute, 2017).

Leslie *et al*. (2006) definem caminhabilidade como a mensuração da influência do ambiente construído e do uso do solo na escolha da caminhada por moradores de uma determinada área, seja ela para o lazer, deslocamento para o trabalho ou acesso a serviços. Abley e Turner (2011) resumem o conceito em outras palavras como a medida do quão um ambiente construído é "amigável ao pedestre". Isto posto, inegavelmente, a oferta de condições adequadas de caminhabilidade é condição *sine qua non* para o alcance de padrões mais sustentáveis de mobilidade urbana e, em última análise, para o fomento da sustentabili(ci)dade.

METODOLOGIA

Índices de caminhabilidade são instrumentos que contribuem para o reconhecimento do modo a pé como meio de transporte, podendo servir como base para o planejamento de políticas públicas e planejamento orçamentário de comunidades ou cidades. A seguir é apresentada a metodologia para o desenvolvimento de um índice de caminhabilidade que atenda às condições locais prevalecentes na cidade de Belo Horizonte em atendimento ao objetivo geral deste trabalho.

Seleção dos indicadores

A seleção dos indicadores consiste na primeira etapa do processo de elaboração do índice de caminhabilidade. Um índice é formado de acordo com o objetivo de aplicação (análise de mercado imobiliário, análise de transportes, na área de saúde), localidade onde vai ser aplicado (questões culturais e antropométricas são relevantes) e escala de análise (considerando uma cidade, bairro ou segmento de rua). Segnestam (2002) chama atenção para o fato de que não existe um único conjunto de indicadores, havendo diferentes combinações específicas para cada público-alvo e objetivos a serem atendidos. Logo, o desenvolvimento de índices de caminhabilidade específicos para determinadas espacialidades se faz necessário pelo fato de que cada localidade possui características singulares, sejam elas de caráter ambiental, cultural ou sociodemográfico, que interferem na forma como o espaço urbano deve ser moldado e utilizado, sendo que o índice deve ser capaz de traduzir tais especificidades.

Tendo esses fatores em mente, o processo de seleção do conjunto de indicadores constituiu-se de duas etapas:

(i) seleção de indicadores de maior relevância na literatura nacional e internacional;

(ii) seleção de indicadores que representem demais características singulares da espacialidade e que não foram contempladas na etapa anterior.

Biblioteca ANTP
Associação Nacional de Transportes Públicos
2011
www.antp.org.br

Seleção de indicadores de maior relevância na literatura nacional e internacional

Existem determinados aspectos da caminhabilidade que são essenciais, independentemente da espacialidade analisada. Com o intuito de se obter os indicadores de maior relevância, o trabalho iniciou-se a partir de uma pesquisa a respeito de índices existentes tanto na literatura nacional como internacional. Nesse sentido, a relevância foi relacionada com a frequência com que os indicadores são citados na literatura.

Durante a pesquisa, foram filtrados aqueles índices com determinados critérios que se assemelhassem à análise proposta que consiste em elaborar um índice voltado para a análise de transportes (mais especificamente, pedestres), considerando a escala da rua.

A pesquisa de índices incluiu aqueles que mais se assemelhassem à escala (foram pesquisados trabalhos que apresentassem uma análise considerando o bairro ou a rua) e objetivos (somente foram pesquisados trabalhos com análise a respeito de pedestres) da pesquisa proposta. Seria possível restringir o universo de índices filtrando-os também pela ferramenta de coleta de dados que mais se assemelhasse à proposta, porém, alguns trabalhos com o uso de ferramentas distintas possuíam indicadores que poderiam ser trabalhados de diferentes maneiras, logo, optou-se por não fazer tal distinção.

Após a filtragem, foram selecionadas 24 pesquisas, entre nacionais e internacionais, relativas à avaliação do ambiente de pedestres. São nove indicadores brasileiros, oito estadunidenses, dois portugueses, um britânico, um sueco, um japonês, um canadense e um australiano. Os índices foram classificados quanto ao ano, localidade, escala e ferramenta utilizada na avaliação.

Após realizada a pesquisa dos índices, todos os indicadores de cada índice foram catalogados e agrupados entre seus semelhantes. No total, foram identificados 79 indicadores diferentes. Alguns dos trabalhos analisados estão em inglês, logo, a tradução foi executada de acordo com a interpretação dos autores.

Ao catalogar todos os indicadores foram encontrados desafios, já que pesquisadores abordam um mesmo tema de maneiras diversas. Alguns autores englobam a análise de diversos elementos em um único indicador, como Khisty (1994) e Ferreira e Sanches (2001). Nesses casos, o indicador foi desmembrado em seus diversos aspectos analisados.

Após a tabulação, os indicadores identificados como os de maior ocorrência na pesquisa foram selecionados. Foram considerados somente aqueles que foram mencionados em pelo menos 25% das pesquisas, totalizando 26 indicadores. Na figura 1 é apresentado um resumo dos indicadores selecionados.

Figura 1
Indicadores identificados como os de maior ocorrência na pesquisa

Fonte: Elaborado pelos autores.

Características singulares de Belo Horizonte

A segunda etapa da seleção dos indicadores consistiu em selecionar indicadores que representassem as demais características da capital mineira, além dos atributos já previamente selecionados na literatura.

Importa ressaltar que, dentro de uma cidade, uma regional, um bairro ou até mesmo uma rua, há uma grande heterogeneidade de padrões construtivos de calçadas e espaços para pedestres. Buscou-se, então, fazer um panorama geral dos principais problemas e potencialidades do ambiente construído de Belo Horizonte. Para tal, foi elaborado um relatório das calçadas e espaços de pedestres em Belo Horizonte com registros de pelo menos uma área de cada uma das nove regionais administrativas do município, de modo a caracterizar os espaços destinados aos pedestres na cidade.

Segundo Baptista Neto (2012, p. 81), "a observação é a base de toda a investigação no campo social, podendo ser utilizada em trabalho científico de qualquer nível, desde os mais simples estágios até os mais avançados".

Biblioteca ANTP
Associação Nacional de Transportes Públicos
2011
www.antp.org.br

A figura 2 apresenta alguns exemplos dos registros realizados. Na figura, observa-se um trecho da rua Bonfim na regional Noroeste da cidade. Percebe-se a predominância de calçadas estreitas, sem manutenção, com obstáculos ao longo do passeio, como postes de luz ou veículos estacionados na calçada. Como consequência, muitos pedestres circulam no leito carroçável. Praticamente não há arborização na região.

Figura 2
Rua Bonfim, Belo Horizonte

Fonte: Acervo fotográfico produzido pelos autores.

O relatório fotográfico do ambiente pedonal de Belo Horizonte corresponde a apenas uma pequena amostra dos diversos cenários vivenciados por pedestres na cidade, mas que possibilita uma melhor caracterização dos espaços de circulação na cidade.

No estudo, algumas características do ambiente construído merecem destaque. Dentre elas estão a irregularidade nas calçadas, constatada em todas as regionais. O fato de a manutenção das calçadas ser de responsabilidade dos proprietários dos imóveis faz com que haja uma descontinuidade em termos de conservação, sinalização tátil e desnivelamentos.

A topografia também merece destaque na análise da caminhabilidade em Belo Horizonte, que é conhecida por sua declividade acidentada em diver-

sos pontos da cidade. De acordo com estudos do Instituto de Geociências da UFMG (IGC/UFMG) em parceria com o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento – ITDP Brasil – e com a BHTrans, cerca de 45% das vias de Belo Horizonte possuem declividades acima do valor estabelecido como declividade máxima permitida para rampas em travessia de pedestres pela NBR 9050:2015, que é de 8,33%. Este dado indica que Belo Horizonte é uma cidade relativamente amigável ao pedestre, topograficamente falando, diferentemente do que o senso comum pressupõe, já que mais da metade (55%) das vias possui declividades inferiores ao estabelecido pela norma. Ainda assim, é justificável a adoção do atributo, de forma a estabelecer rotas com menores declividades para o pedestre e quebrar paradigmas existentes com relação à topografia de Belo Horizonte.

A proteção contra intempéries foi identificada como um fator relevante para a caminhada. De acordo com Pinheiro e Naghettini (1998), o clima de Belo Horizonte é quente e temperado, podendo haver fortes precipitações no verão, principalmente nos meses de dezembro e janeiro. Em Belo Horizonte, anualmente, são relatados prejuízos advindos das enchentes nas épocas de chuva. Ruas protegidas com árvores ou com proteções de marquises e toldos, além de um sistema de drenagem pluvial, podem oferecer melhor conforto aos pedestres.

Infraestrutura voltada para o incentivo ao uso de bicicletas também foi considerado um fator relevante da caminhabilidade de Belo Horizonte, pois requer menos espaço para o transporte de usuários, impacta menos no ambiente urbano e influencia na retomada dos espaços públicos. A presença de ciclovias e/ou ciclofaixas ainda agrega mais segurança para os pedestres, pois ela forma uma barreira de proteção entre a calçada e os veículos, além de melhorar a visibilidade para o pedestre e para o motorista no momento da travessia. O investimento em infraestrutura cicloviária em Belo Horizonte é recente e o uso da bicicleta vem se intensificando após da criação de políticas públicas, com destaque para o Pedala-BH. De acordo com Viola (2017, p. 65), a construção de infraestrutura cicloviária "resulta tanto em uma geração de viagens quanto na geração de demanda".

Considerando a análise do ambiente pedonal de Belo Horizonte por meio do relatório fotográfico, os indicadores obtidos a partir da primeira etapa se mostraram representativos para a espacialidade em questão. Foram incorporados ao índice mais dois indicadores para melhor representação da espacialidade: infraestrutura cicloviária e infraestrutura pluvial.

ÍNDICE DE CAMINHABILIDADE

Após a seleção dos indicadores, os atributos foram organizados para compor o índice. Os atributos "existência de calçada" e "obstáculos" estão diretamente relacionados com a "largura efetiva da calçada", portanto, esses dois indicadores foram eliminados da composição do índice,

considerando que já estão incorporados na análise da largura da calçada.Nesse estudo, optou-se por analisar quadras e interseções separadamente. O atributo "dispositivos de melhoria da acessibilidade" é analisado separadamente na calçada e na interseção. O atributo "conectividade ou directividade da caminhada" também foi separado em um indicador para calçada, analisando o tamanho da quadra, e outro para a interseção, analisando o número de ruas em uma interseção. Optou-se por analisar o atributo "vegetação" apenas com relação à arborização da rua, e o nome desse atributo foi alterado para "arborização".

O item "sinalização de segurança" refere-se à existência de sinalização apropriada (incluindo placas, semáforos para veículos e pedestres, sinalização horizontal e alertas sonoros) a fim de se evitar conflitos entre pedestres e motoristas. Este item possui correlação com o atributo "segurança em interseções" e, portanto, optou-se por não o incluir no índice.

Os indicadores foram classificados em temas de maior abrangência, a saber: acessibilidade (ou acesso à travessia), atratividade, conectividade, conforto, seguridade, segurança viária, uso do solo e travessia. No quadro 1 é apresentada a seleção de indicadores que compõem o índice de caminhabilidade para Belo Horizonte. Um código de identificação (ID) foi estabelecido para cada atributo para facilitar o tratamento dos dados em etapas posteriores.

Quadro 1
Índice de caminhabilidade de Belo Horizonte

Categoria	Indicador	ID
Acessibilidade	Largura efetiva do passeio	a1
	Conservação do pavimento da calçada	a2
	Desníveis na calçada	a3
	Sinalização tátil	a4
	Topografia	a5
Atratividade	Atratividade visual	b1
	Permeabilidade visual	b2
	Arborização	b3
	Limpeza	b4
	Poluição	b5
Conectividade	Tamanho da quadra	c1
	Acesso ao transporte público	c2
	Infraestrutura cicloviária	c3
Conforto	Bancos para assentar	d1
	Proteção contra intempéries	d2
	Infraestrutura pluvial	d3

Continua

ANTP
Biblioteca ANTP
2011
www.antp.org.br

Quadro 1

Categoria	Indicador	ID
Segurança pública	Presença de pedestres (seguridade)	e1
	Iluminação	e2
Segurança viária	Possibilidade de conflito entre pedestres e veículos na calçada	f1
	Barreira de proteção (*buffers*)	f2
	Largura do leito carroçável	f3
	Velocidade dos veículos	f4
Uso do solo	Uso misto do solo	g1
	Parques e áreas verdes a uma distância caminhável	g2
Travessia	Acesso à travessia	h1
	Número de ruas na interseção	h2
	Sinalização na travessia	h3

Nível de desempenho dos indicadores

A segunda etapa de elaboração do índice consistiu em determinar os níveis de desempenho a serem atribuídos a cada indicador e definir como cada um seria mensurado. O nível de desempenho foi estabelecido a partir da atribuição de uma nota que é dada ao indicador. Buscou-se desenvolver uma metodologia de avaliação fácil e intuitiva, considerando, sempre quando possível, a análise qualitativa dos elementos para que o método seja acessível e de rápida execução. Por esse motivo, optou-se por utilizar o formato de questionário para a avaliação dos atributos. Os critérios foram estabelecidos com base na literatura, conforme destacado anteriormente, nas normas da ABNT e leis do município de Belo Horizonte.

Tratamento dos dados

Após a medição das variáveis é necessária a normalização dos resultados para ajustá-los para a mesma escala. A normalização de valores é proposta por Eastman e Jiang (1995), pela equação 1:

$$Xi = \frac{(Rmax\text{-}Ri)}{Rmax\text{-}Rmin)} \; X \; IN \qquad \text{(eq. 1)}$$

Sendo:
NC = Nota final da categoria;
$\sum$An = Somatório da nota dos indicadores da categoria;
n = Número de indicadores da categoria.

A média de todas as categorias apresenta a nota final do índice de caminhabilidade para cada segmento. O quadro 2 mostra a classificação que corresponde a cada faixa do índice de caminhabilidade, incluindo suas cores correspondentes.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Quadro 2
Classificação do índice de caminhabilidade

Índice de caminhabilidade	Classificação
81 a 100	Péssimo
61 a 80,99	Ruim
41 a 60,99	Regular
21 a 40,99	Bom
0 a 20,99	Ótimo

A CAMINHABILIDADE EM BELO HORIZONTE

Este artigo teve como objetivo específico selecionar uma espacialidade de Belo Horizonte para a aplicação da metodologia desenvolvida. A área selecionada refere-se ao perímetro estabelecido no Concurso Acessibilidade Para Todos[1] para o lote 2, referente a um trecho da rua Padre Eustáquio, na regional Noroeste da cidade, incluindo seu entorno (figura 3). A rua Rio Pomba, a rua Três Pontas e a rua Padre Eustáquio combinadas formam um binário e representam um importante corredor de ligação da regional Oeste ao centro da cidade.

Figura 3
Identificação dos segmentos da área de estudo

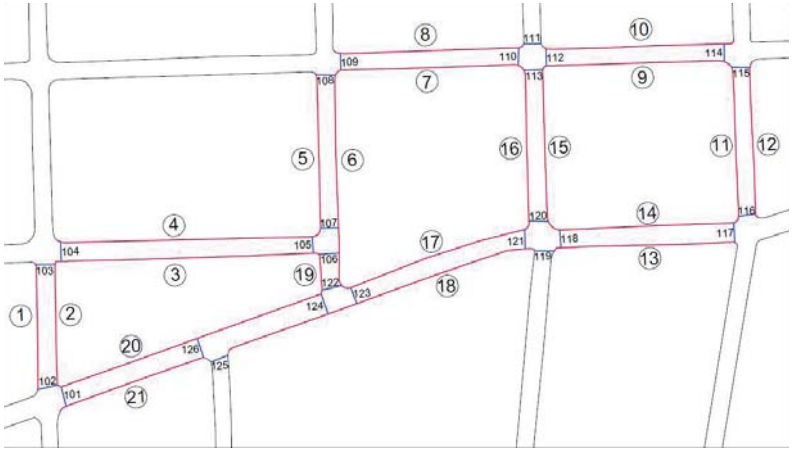
Fonte: Elaborado pelos autores.

1. Concurso promovido, em 2016, pela WRI Brasil Cidades Sustentáveis, em parceria com a BHTrans (dentre outras entidades). O seu objetivo foi promover o transporte ativo, superando ou minimizando os problemas de acessibilidade existentes em três perfis de locais da capital mineira: trechos com alta declividade, com calçadas estreitas ou em estação de integração de transporte coletivo. Os autores deste artigo integraram a equipe que apresentou a proposta de requalificação vencedora para o lote 2 do concurso, selecionado por apresentar trechos com calçadas estreitas da regional Noroeste de Belo Horizonte.

Na verificação *in loco* é analisado cada segmento, atribuindo notas individuais para o lado esquerdo e direito da calçada de cada quadra. No total, são 21 segmentos de calçada que se referem ao espaço da rua destinado a pedestres entre dois cruzamentos, levando em consideração somente um dos lados da calçada. As 26 travessias localizadas na área de estudo também foram analisadas individualmente. Na figura 4 são apresentados todos os trechos com identificação por meio de numeração da espacialidade analisada.

Nas interseções, cada travessia é analisada separadamente. A coleta de dados de todos os segmentos analisados foi realizada no dia 25 de janeiro (quinta-feira), entre o horário de 14:00 e 16:00 horas. Como ferramentas, uma trena de medição e uma máquina fotográfica foram necessárias para registrar os atributos identificados.

Figura 4
Identificação dos segmentos da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores.

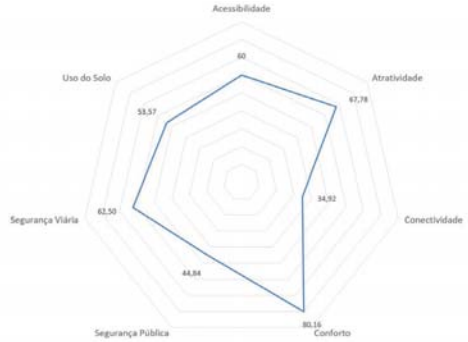
Análise dos resultados

Após a coleta e tabulação dos dados, os mesmos foram inseridos no *software* ArcGIS 10.4 para a realização da análise espacial. Todos os segmentos receberam um número de identificação (ID) e os resultados do índice de caminhabilidade foram inseridos dentro do *software* manualmente em formato tabular. Os resultados do índice foram diferenciados por um esquema de cores de acordo com a nota alcançada, com base nas referências definidas anteriormente. Por fim, os mapas gerados foram exportados em formato de figura para apresentação.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

A partir da análise por categorias foi possível identificar os segmentos de maiores deficiências e potencialidades da região. Considerando somente a análise dos segmentos de calçada, seis das sete categorias obtiveram notas finais acima dos 50 pontos, indicando a necessidade de melhorias em praticamente todos os quesitos (figura 5).

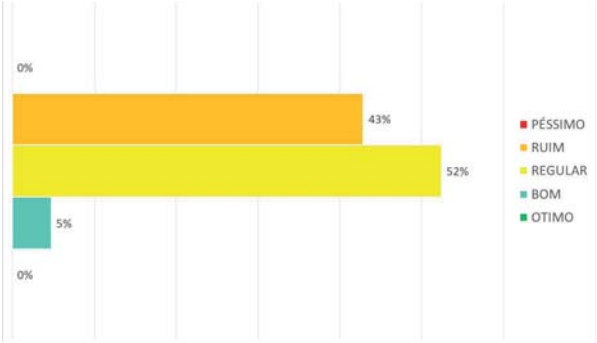
Figura 5
Identificação dos segmentos da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da análise da nota final do índice de caminhabilidade é possível identificar os segmentos com maiores e menores potenciais para a caminhada na área de estudo. Em torno de 52% dos segmentos obtiveram notas classificadas como “regular” e 43% dos segmentos foram classificados como “ruim”. Estas duas classificações, se somadas, totalizam 95% dos segmentos analisados, o que indica a necessidade de melhorias da área de estudo (figura 6).

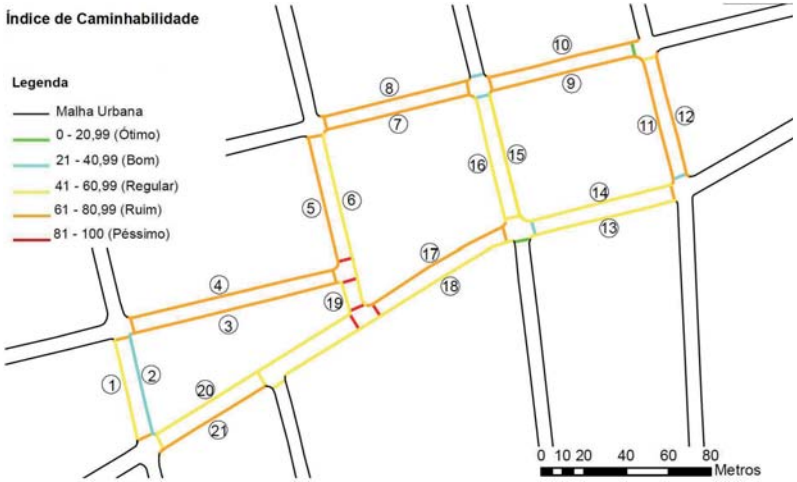
Figura 6
Segmentos agrupados por classificação de caminhabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da análise espacial dos dados é possível aferir que os segmentos com piores notas estão localizados nas ruas Três Pontas, Rio Pomba e Bom Sucesso principalmente (figura 7). São segmentos localizados em vias de grande circulação de veículos, em condições desfavoráveis de circulação de pedestres. O tipo de uso do solo nessas ruas é predominantemente residencial, as edificações possuem indícios de falta de manutenção, não há nenhuma proteção contra intempéries e nem atratividade visual. No entanto, há circulação de pessoas nessas ruas devido principalmente à presença de PED (pontos de embarque e desembarque).

Figura 7
Análise espacial dos resultados do índice de caminhabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores.

O segmento 10 obteve a pior nota, com 72,74 pontos (figura 8). O trecho é caracterizado por dimensões estreitas de calçada, diversos desníveis ao longo do percurso, falta de continuidade da sinalização tátil, em um ambiente sem qualquer permeabilidade ou atratividade visual. As edificações do segmento possuem indícios de vandalismo e carecem de manutenção. A iluminação durante a noite estava com defeito no dia da verificação *in loco*, o que contribuiu para a diminuição da nota desse atributo no trecho.

Os segmentos de calçada da rua Padre Eustáquio não possuem condições adequadas de acessibilidade e também estão localizadas em uma via de grande circulação de veículos. Porém sua classificação foi melhor que a das ruas Três Pontas, Rio Pomba e Bom Sucesso pelo

fato de os imóveis estarem em melhor estado de conservação e possuírem uma maior variedade de uso das edificações, o que gera maior atratividade para a localidade.

Figura 8
Segmento de calçada 10

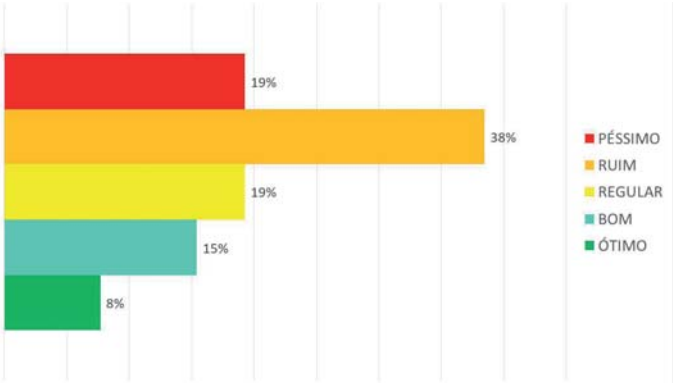
Fonte: Elaborada pelos autores.

O único trecho com nota acima da regular foi o segmento 2, com 28,57 pontos e classificado como "bom". A rua em questão possui largura efetiva acima de dois metros, sem desníveis ou possibilidades de conflito entre veículos e pedestres. Possui variedade de usos das edificações, com estabelecimentos comerciais, residenciais, restaurantes e serviços. Está localizada em uma via de velocidade permitida de 30 km/h.

Com relação às travessias, dos 26 segmentos analisados, 19% obtiveram a classificação "péssimo" e 38% foram classificadas como "ruim", o que corresponde a mais da metade das travessias em condições insatisfatórias de circulação (figura 9). Somente duas travessias – 116 e 119 – obtiveram ótima classificação. Essas travessias possuem faixa de segurança, semáforo para pedestres, rebaixamento da calçada executado corretamente e estão localizadas em interseções de alta conectividade.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Figura 9
Travessias agrupadas por classificação



Fonte: Elaborado pelos autores.

DIAGNÓSTICO DE PRIORIDADES

Com base nas análises desenvolvidas por meio do índice de caminhabilidade, foram elaboradas algumas sugestões de ações na área de estudo por escala de prioridades. A escala de prioridades é aqui definida de acordo com a classificação obtida de cada atributo.

Os indicadores classificados como "péssimo" são considerados como insuficientes ou prejudiciais à caminhada e, portanto, definidos aqui como de alta prioridade, devendo ser objeto de ação de curto prazo. São eles: acessibilidade na travessia, largura efetiva do passeio, sinalização tátil, bancos para assentar, infraestrutura cicloviária, poluição e permeabilidade visual.

a. Acessibilidade na travessia
As interseções são áreas de conflito potencial entre pedestres e veículos. Com relação ao acesso às travessias, 22 das 26 travessias analisadas foram consideradas inacessíveis. Recomenda-se o tratamento das interseções e travessias da área de estudo com a implantação de travessias em nível em vias de maior velocidade de veículos e com acesso ao transporte público (ruas Padre Eustáquio, Três Pontas e Rio Pomba) e o rebaixamento da calçada nas demais travessias. O uso das travessias em nível favorece a circulação de pedestres, além de contribuir para a redução da velocidade. Atenção também deve ser dirigida para as linhas de desejo do pedestre. As travessias 123 e 124 não são estabelecidas como linhas seguras de travessia, pois não possuem nenhuma sinalização, mas correspondem a caminhos realizados pelas pessoas que passam por ali. Esses trechos, portanto, devem ser avaliados e considerados no tratamento das interseções.

b. Largura efetiva do passeio
Com exceção dos segmentos 2 e 19, todos os outros receberam nota máxima no atributo largura efetiva do passeio que indica a insuficiência em um atributo básico que é a faixa livre de circulação. O alargamento das calçadas é sempre recomendado, desde que haja viabilidade em sua execução. A transformação de um dos lados do estacionamento das ruas Lima Duarte e Bom Sucesso em calçada são uma solução para aumentar o espaço disponível para o pedestre nesses trechos. Como forma de otimização do espaço disponível ao pedestre sem que sejam feitas grandes intervenções recomenda-se, para os demais segmentos, a estratégia da criação de uma "rota acessível" em que pelo menos em um dos lados da calçada seja estabelecida uma faixa livre de circulação.

c. Sinalização tátil
A sinalização tátil recebeu uma nota negativa principalmente pelo fato de não haver continuidade da sinalização entre lotes vizinhos. Se não há continuidade, a sinalização perde sua função. Isso acontece porque é de responsabilidade do proprietário do imóvel a conservação e manutenção da calçada e não de órgãos públicos. Como forma de minimizar essa situação, recomenda-se que seja desenvolvido um projeto único de calçada para todo um segmento de quadra, que deve ser encaminhado para os proprietários para que eles o executem. A fiscalização das calçadas deve ser feita com base em todo o segmento e não somente em edificações específicas.

d. Bancos para assentar
Este atributo recebeu a nota máxima (100) por não existir nenhum banco na espacialidade. Mais do que um espaço de circulação, as calçadas são também potenciais áreas de convívio e permanência. Devido ao padrão estreito das calçadas, a implantação de mobiliário é um desafio, pois esse reduz ainda mais a faixa livre de circulação. Recomenda-se a implantação de bancos nos segmentos 2 e 19 e, sempre que possível, respeitando a faixa livre de circulação.

e. Infraestrutura cicloviária
As ruas estreitas da espacialidade representam um desafio quando se pretende alargar calçadas e ainda incentivar o uso de bicicletas. Uma solução seria a implantação de ciclorrotas. A redução da velocidade dos veículos por meio das travessias em nível, que correspondem a espaços compartilhados entre veículos e bicicletas, favorece a sua implantação, caracterizada por meio de sinalização horizontal que alerta o motorista da presença de ciclistas na região.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

f. Poluição
A poluição foi um item de destaque no índice pelo fato de haver uma grande circulação de veículos na espacialidade. A implantação de ciclorrotas e de travessias em nível são medidas que favorecem o transporte ativo e, consequentemente, desestimulam o uso de veículos motorizados, o que contribui para a redução da poluição. Recomenda-se também a análise da viabilidade de transferência da rota de algumas linhas de ônibus, principalmente para linhas metropolitanas, considerando que há um grande número de linhas de ônibus que circulam na região (atualmente são 19 linhas municipais, além das metropolitanas).

g. Fachadas permeáveis
A atratividade de uma área está diretamente ligada com a fachada dos edifícios. O perfil arquitetônico da espacialidade é predominantemente residencial, com algumas ruas que abrigam casas datadas principalmente dos anos 1950 e 1960, compartilhando o espaço com edificações compostas por fachadas totalmente muradas. A escolha da construção de muros nas fachadas das edificações acontece por uma sensação de medo da população. Entretanto, apesar de tentarem se proteger com muros e paredes cegas, os moradores acabam criando o oposto, que são espaços urbanos mais inseguros. Em áreas com uso do solo mais variado, como a rua Padre Eustáquio, as fachadas são estreitas, o que é um ponto positivo, pois aumenta-se o número de vitrines e entradas. Porém, há muitos estabelecimentos comerciais fechados, o que contribuiu para que o segmento obtivesse uma nota negativa.

A escassez de fachadas ativas é um problema crítico da espacialidade que contribui para a sensação de abandono das edificações. Acredita-se que a requalificação das calçadas e travessias contribui para a recuperação da vitalidade e, consequentemente, atrairá mais comerciantes para a região. Adicionalmente, recomenda-se a implantação de políticas fiscais de incentivo à ocupação por diferentes usos como comércio, escolas e restaurantes. Parcerias público-privadas por meio de doações ou desconto em materiais podem contribuir para a recuperação das fachadas, valorizando os imóveis e incentivando um maior adensamento da região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até o início dos anos 2000, as políticas de mobilidade de Belo Horizonte foram majoritariamente voltadas para a circulação de veículos. Reorganizações do ambiente urbano direcionadas para o uso do espaço público e da circulação de pedestres podem ser percebidas principalmente após a concepção do Projeto Centro Vivo, por meio da execução de importantes obras de requalificação na área central.

Verifica-se que o resgate das áreas urbanas é uma tendência mundial e Belo Horizonte é uma cidade com potencial para se tornar mais amigável para os pedestres. As calçadas constituem um valioso espaço podendo servir não somente para a circulação como também para a permanência e convivência. Foram identificados muitos avanços na infraestrutura pedonal da cidade, principalmente nos últimos 20 anos, porém, o modo a pé ainda tem pouca expressividade na pauta do planejamento urbano.

Basta circular pelas calçadas para constatar o resultado desse modelo: de maneira geral, a caminhada em Belo Horizonte se dá em condições desfavoráveis de acessibilidade, segurança e conforto, o que faz levantar questionamentos sobre como a capital está sendo construída e que modelo de cidade queremos para o futuro.

A transformação das cidades se inicia a partir da produção de conhecimento. É necessário entender quais são os atributos do ambiente construído que tornam uma rua melhor ou pior para caminhar. A quantificação desses atributos, por meio de índices de caminhabilidade, possibilita a identificação dos principais pontos a serem corrigidos. E todas essas informações constituem uma importante ferramenta para trazer luz ao modo a pé e para fazer da caminhabilidade um instrumento de mobilidade urbana.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um índice de caminhabilidade que possibilite a avaliação da qualidade do ambiente de caminhada de Belo Horizonte. Foram identificados e qualificados os principais atributos da literatura nacional e internacional, além da seleção de atributos que traduzissem demais particularidades da espacialidade.

A pesquisa se limitou à análise de apenas 21 segmentos e 26 interseções, considerando que a verificação *in loco* para a análise da caminhabilidade é um método que despende tempo, recursos e pessoas para a coleta de dados. A análise, no entanto, se mostrou imprescindível, considerando que alguns elementos relevantes para a caminhada como a conservação do pavimento da calçada, desníveis na calçada, as permeabilidades visuais, dentre outros, só podem ser avaliados ao nível da rua, e alguns dos atributos somente poderiam serem verificados presencialmente como a circulação de pedestres, a limpeza e a poluição.

A aplicação do índice proposto no entorno da rua Padre Eustáquio possibilitou uma maior compreensão dos atributos que influenciam a caminhabilidade na região. Os atributos que foram classificados como insuficientes na realidade estão interconectados de maneira cíclica. A falta de valorização do pedestre, com a intensa circulação de veículos, faz da área somente um local de passagem e não de permanência. A escassez de pessoas circulando nas ruas gera o isolamento das edificações com a clara separação entre privado e público por meio de

ANTP
Biblioteca ANTP
2011
www.antp.org.br

muros, além de desestimular o comércio na região, o que contribui cada vez mais para a degradação do espaço público.

Como um caminho para trabalhos futuros e evolução desta pesquisa, é proposto o desenvolvimento de metodologias de validação do índice e ponderação dos resultados. A validação pode se dar por participação popular ou também por meio de coleta de dados de uma grande amostra de segmentos, com alta variabilidade do ambiente construído. A ponderação dos resultados refere-se à atribuição de diferentes pesos conforme a importância do indicador, sendo executada na literatura por meio de questionários com a população ou através de pesquisa com especialistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABLEY, Steve; TURNER, Shane. *Predicting walkability*. Nova Zelândia: Nz Transport Agency, 2011. 114 p.

BAPTISTA NETO, Osias. *Impactos da moderação de tráfego na vitalidade urbana.* 212 f. Dissertação de mestrado, Curso de Geotecnia e Transportes, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

BHTRANS – Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte. Mapa de declividades de Belo Horizonte já está disponível para ser consultado. Belo Horizonte: Assessoria de Comunicação e Marketing da BHTrans, 2017a. Disponível em: <http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublico/Temas/Noticias/Mapa-de-declividades-de-Belo-Horizonte-j%C3%A1-esta-disponivel-p>. Acesso em: 17 jan. 2018.

BRADSHAW, Chris. Creating — and using — a rating system for neighborhood walkability: towards an agenda for “local heroes”. In: 14TH INTL PEDESTRIAN CONF. *Proceedings*, 1993.

CAMBRA, Paulo Jorge Monteiro de. *Pedestrian accessibility and attractiveness indicators for walkability assessment.* 120 f. Dissertação de mestrado, Curso de Urbanismo e Ordenamento do Território, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012.

CARDOSO, L. *Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

EASTMAN, J. R.; JIANG, H. Fuzzy measures in multi-criteria evaluation. In: SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL ACCURACY ASSESSMENT IN NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL STUDIES. *Proceedings*. Fort Collins, Colorado, mai. 1995, p. 21-23.

FERREIRA, Marcos Antônio Garcia; SANCHES, Suely da Penha. Índice de qualidade das calçadas–IQC. *Revista dos Transportes Públicos*, vol. 91, n. 23, 2001, p. 47-60.

FRUIN, John J. *Pedestrian planning and design.* 1971.

GEHL, Jan. *Cidades para pessoas.* 2ª edição. Tradução de Anita Di Marco. São Paulo: Perspectiva, 2013. 276 p.

KHISTY, C. J. Evaluation of pedestrian facilities: beyond the level-of-service concept: pedestrians and pedestrian facilities. *Transportation Research Record*, n. 1438, 1994, p. 45-50.

LESLIE, Eva; BUTTERWORTH, Iain; EDWARDS, Melissah. Measuring the walkability of local communities using geographic information systems data. In: *Walk 21: Melbourne walk 21 2006*. Melbourne, 2006.

MALATESTA, Maria Ermelina Brosch. *Andar a pé: um modo de transporte para a cidade de São Paulo*. 254 f. Dissertação de mestrado, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

METHORST, Rob *et al*. *Cost 358 – PQN final report.* Cheltenham: Walk21, 2010. 78 p.

NETO, Luis. *The walkability index: assessing the built environment and urban design qualities at the street level using open-access omnidirectional and satellite imagery*. 59 f. Dissertação de mestrado, Curso de Planning, Faculty of Humanities, University of Manchester, Estados Unidos, 2015.

PARK, Sungjin. *Defining, measuring, and evaluating path walkability, and testing its impacts on transit users’ mode choice and walking distance to the station.* 239 f. Tese de doutorado, Curso de Philosophy, City and Regional Planning, University of California, Berkeley, 2008.

PINHEIRO, Márcia Maria Guimarães; NAGHETTINI, Mauro. Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 3, n. 4, 1998, p. 73-88.

PUSHKAREV, Boris. *Urban space for pedestrians*. 1975.

SEGNESTAM, L. *Indicators of environmental and sustainable development: theories and practical experiences*. Washington DC: World Bank, 2002.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD – TRB. National Research Council. *Highway Capacity Manual - HCM.* Washington, DC, v. 113, 2000.

VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE. *TDM Encyclopedia.* Disponível em: <http://www.vtpi.org/tdm/tdm133.htm>. Acesso em: 10 jun. 2017.

VIOLA, Priscilla Dutra Dias. *Potencial de viagens por bicicleta em Belo Horizonte: um estudo exploratório da Pesquisa de Origem e Destino 2012.* 94 f. Dissertação de mestrado, Curso de Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Macroacessibilidade e transporte público coletivo: indicadores aplicados à Região Metropolitana de Goiânia

Ana Stéfany da Silva Gonzaga
Mestra Arquiteta e Urbanista
E-mail: anastefany.arq@gmail.com

Problemas relativos à acessibilidade urbana têm sido um desafio constante nas cidades brasileiras. O espalhamento desenfreado da ocupação do solo, associado à falta de prioridade ao transporte público, ao ciclista e ao pedestre nos deslocamentos urbanos são alguns dos principais fatores que dificultam a promoção da acessibilidade (Ministério das Cidades, 2007; Ipea, 2001). Boareto (2003) destaca que o sistema de transporte coletivo tem perdido passageiros que passaram a optar pelo uso da motocicleta ou do automóvel como modais para seus deslocamentos, o que contribui para o agravamento das condições de acessibilidade e mobilidade urbana (Boareto, 2003).

O estudo de caso deste trabalho, que tem como objeto a Região Metropolitana de Goiânia – RMG, envolve-se em um contexto de crescente queda de demanda no transporte público. Em 2017, a demanda média por viagens na Rede Metropolitana de Transporte Coletivo – RMTC foi de 584 mil viagens em dias úteis, 234 mil aos sábados e 123 mil aos domingos. Este valor, no entanto, representa uma crescente perda de demanda na qual o transporte individual tem apresentado maior competitividade com relação ao modo coletivo. Em 2016, foram realizadas 173.954.105 viagens na RMTC, o que representa mais de 12% de queda de demanda em comparação ao ano anterior (RMTC, 2017, *apud* Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Goiânia – PDIRMG, 2017).

Diante dessa realidade, o estabelecimento de medidas que priorizem o transporte público e que ordenem o uso e ocupação do solo se faz de extrema importância. Para tanto, o planejamento e gestão das cidades deve estar adequado à dinâmica urbana das suas

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

diversas localidades. No contexto das regiões metropolitanas, inseridas na macroacessibilidade, é fundamental que os municípios se envolvam em processos de gestão compartilhada, considerando os interesses em comum, bem como as características específicas de cada cidade.

Sendo assim, uma estratégia de significativo potencial como auxílio para avaliação da macroacessibilidade é o uso de indicadores. Estes, por sua vez, possibilitam revelar determinada realidade a partir da manipulação de dados relativos ao contexto avaliado. Com isso, é possível obter informações fundamentais para o planejamento e a gestão dos transportes e do uso do solo em regiões metropolitanas, como propõe este trabalho, a partir da utilização de indicadores de separação espacial e gravitacional.

MACROACESSIBILIDADE E TRANSPORTE PÚBLICO

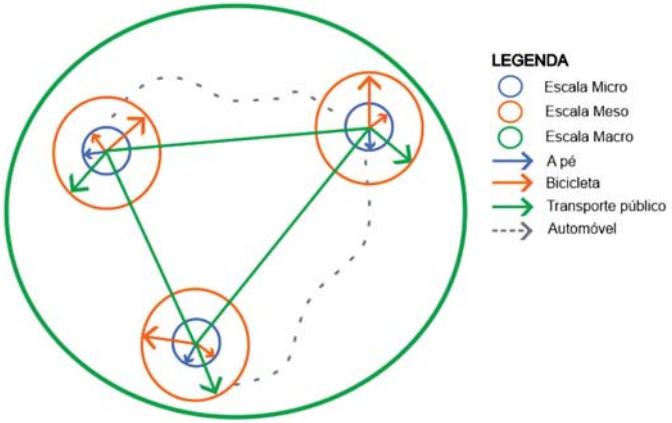
A macroacessibilidade se caracteriza por uma complexa diversidade, sendo que as condições de acessibilidade de uma localidade em relação a outra interferem significativamente em seu contexto geográfico mais amplo (Kneib & Portugal, 2017). Para que sejam favorecidas a equidade e a integração do território é necessário que as unidades espaciais estejam adequadamente interligadas e dotadas de infraestruturas. Cabe ressaltar que a promoção do acesso ao território deve ser pautada na distribuição espacial balanceada das atividades, considerando os contextos local e metropolitano (Kneib, 2014).

Destaca-se, ainda, que, na relação entre os meios de transporte no contexto de todas as escalas urbanas, o automóvel se insere em menor destaque em comparação aos demais. Enquanto os deslocamentos por transporte público, bicicleta e a pé devem ser facilitados e ofertados de maneira ampla, os deslocamentos por automóvel não são descartados, mas devem apresentar menos facilidades no uso do espaço urbano. A figura 1 esquematiza a relação entre as escalas urbanas e a multimodalidade nos sistemas de transporte considerando os modos mais adequados a cada uma delas.

De acordo com Ferraz (1998), o transporte coletivo contribui significativamente para a garantia da democracia da mobilidade na medida em que facilita a locomoção das pessoas, reduz congestionamentos, bem como áreas para estacionamento e tráfego de veículos (Ferraz, 1998). A dinâmica dos transportes, por sua vez, se estabelece de maneira interligada com o uso do solo, uma vez que as condições de acessibilidade impulsionam o uso e ocupação do solo. Ao mesmo tempo, para atender às necessidades da população, o uso e ocupa-

ção do solo induzem uma procura por transporte (IMTT, 2011). A oferta de trabalho, por exemplo, reflete-se diretamente na dinâmica urbana. No entanto, enquanto alguns municípios desenvolvem bem seu mercado de trabalho, outros desempenham papéis secundários, atuando essencialmente como cidades-dormitório. A baixa oferta de atividades como comércio e serviços contribui significativamente para os deslocamentos pendulares (Ântico, 2003).

Figura 1
Esquema sobre a relação entre as escalas urbanas e a multimodalidade



Fonte: Adaptado de Kneib, 2015.

INDICADORES COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE EM METRÓPOLES

O desempenho dos atributos que impactam nos serviços oferecidos pelo transporte público podem ser medidos através de indicadores, cujo uso é de grande importância para o planejamento e gestão das cidades. Para Mueller *et al*. (1997), um indicador possibilita uma quantificação estatística e lógica coerente para representar o estado de um fenômeno estudado. De acordo com Mitchell (1996), o índice é o instrumento que revela em si o estado de um sistema ou fenômeno. Ele se expressa como valor agregado final resultante do cálculo de indicadores dados como variáveis (Shields *et al*., 2002).

Dentre os fatores de impedância da acessibilidade está o *tempo* gasto em deslocamentos. Na medida em que esse fator aumenta e se torna excessivo para a população, esta tende a buscar outro local ou outro meio de transporte para acessar determinada localidade (Mello, 2015). A importância do fator *tempo* para a acessibilidade urbana

está, portanto, em sua capacidade de representar a imobilização física dos passageiros em determinados momentos. Quando excessivo, o tempo gasto em deslocamentos impede que as pessoas utilizem o meio de transporte para a realização de atividades como consumo, cultura, lazer, vida familiar, trabalho, estudos, dentre outros. Sendo assim, o uso de sistemas de transporte onerosos em relação ao tempo ou distância gastos pode provocar o abandono da prática de atividades, bem como o baixo rendimento no trabalho (Barat, 1978).

Também conhecidos como *medidas de conectividade*, os indicadores baseados no fator *distância* apresentam vantagens por se tratar de dados de fácil obtenção, oferecerem facilidade de operacionalização e interpretação de resultados (Bruinsma & Rietveld, 1998). Apesar de *tempo* e *distância* serem grandezas proporcionais matematicamente, essa relação nem sempre se aplica ao contexto dos deslocamentos urbanos. Conforme Teixeira Filho (2009), diversos outros fatores podem alterar significativamente condições de velocidade dos veículos.

Além dos indicadores propostos por Allen *et al*. (1993), que exploram medidas espaciais, o uso de indicadores do tipo gravitacional permite análises mais aprofundadas, tendo em vista que acrescentam características do uso e ocupação do solo às características do transporte.

APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE ACESSIBILIDADE: O CASO DA RMG

Localizada na região Centro-Oeste do Brasil, Goiânia, capital do Estado de Goiás, possui significativo papel como espaço metropolitano em consolidação. Sua origem pautada em ideais de modernidade, também observados em outras cidades do interior do Brasil, constituiu-se em processo fundamental na formação de Goiânia como forte centralidade influente na região (Ipea, 2001). A relevância da cidade, porém, vem acompanhada de expressivos problemas urbanos, dentre eles os de acessibilidade.

A partir de meados da década de 1970, o adensamento populacional em Goiânia passou a se dar de forma excessiva e pontual, já apresentando dispersão expressiva em suas áreas periféricas. Os mecanismos de controle social implantados pela prefeitura da cidade pretendiam induzir modificações estruturais para uma expansão urbana na direção leste-sudoeste. Tal ação se pautava no interesse em promover maior interação entre Goiânia e sua região de influência (Amaral, 2000).

O intenso crescimento populacional observado em Goiânia também ocorreu em alguns de seus municípios vizinhos, como Aparecida de Goiânia, Senador Canedo, Trindade e Goianira. O espalhamento da ocupação dos territórios obtido através do surgimento de bairros peri-

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

féricos conduziu tais municípios ao fenômeno da conurbação. Nessa relação, Goiânia se insere como principal centralidade, sendo os demais municípios fortemente atraídos pelas atividades e infraestrutura oferecidas na capital, que são muitas vezes ineficientes ou ausentes nos demais municípios (IMB, 2012; Moura, 2004).

Como uma das consequências da relação entre uma forte centralidade e cidades-dormitório dependentes da capital está o problema da acessibilidade metropolitana. No ano de 2012, o aumento da frota de veículos em Goiânia superou a média nacional (33,8 autos/100 hab.) ao atingir um aumento superior a 65 mil veículos e totalizando 38 autos/100 hab. Entre os anos de 2001 e 2012, o aumento da frota foi de 117,12% (Observatório das Metrópoles, 2013).

O serviço de transporte coletivo, por sua vez, é operado pela Rede Metropolitana de Transporte Coletivo – RMTC de Goiânia e atende a 18 dos 20 municípios da Região Metropolitana de Goiânia – RMG. São eles: Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Aragoiânia, Bela Vista de Goiás, Bonfinópolis, Brazabrantes, Caldazinha, Goianápolis, Goiânia, Goianira, Guapó, Hidrolândia, Nerópolis, Nova Veneza, Santo Antônio de Goiás, Senador Canedo, Terezópolis de Goiás e Trindade. O serviço de transporte coletivo da RMTC opera sob o modelo tronco-alimentado, sendo que 19 terminais fazem a integração físico-tarifária. Além disso, as avenidas Universitária, 85 e T-63 operam como corredores preferenciais e o eixo Anhanguera como corredor exclusivo do transporte coletivo. Apesar da importância do transporte coletivo para os deslocamentos urbanos, tem sido registrada queda na demanda de usuários desse sistema na RMG, o que demonstra haver migração crescente da população para modais motorizados individuais (RMTC, 2016).

O desafio provocado pelos expressivos deslocamentos entre Goiânia e sua região de influência tem concentrado no eixo Anhanguera ações em busca do atendimento à população moradora de cidades vizinhas que se desloca diariamente para Goiânia. A partir de 2014, o eixo Anhanguera passou a operar também nos municípios de Goianira, Senador Canedo e Trindade conectando-os através de terminais de integração. Até o ano de 2016, o sistema recebia subsídio estatal e a cobrança ao usuário era de meia tarifa. A partir de 2016, porém, esse benefício sofreu alterações, passando a operar com valor integral e limitando a meia tarifa apenas para usuários portadores do cartão Metrobus, obtido mediante cadastramento (Metrobus, 2016).

Diante da complexidade que envolve a gestão dos sistemas de transporte em contextos metropolitanos, torna-se de suma importância uma avaliação da macroacessibilidade. Dentre as ferramentas aplicáveis a

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

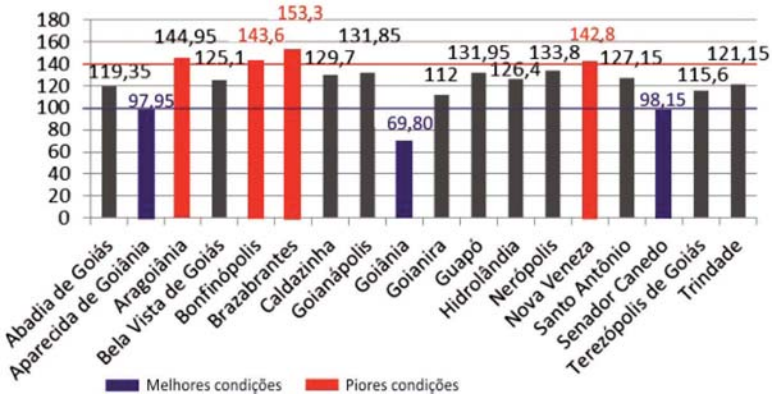
este caso estão os indicadores que, fazendo uso de dados específicos de cada cidade, permitem compreender a dinâmica que envolve toda uma região metropolitana. Sendo assim, foram utilizados neste trabalho dois indicadores de acessibilidade que, fazendo uso de dados relativos ao *tempo* e *distância* gastos em deslocamentos entre os municípios e *emprego* oferecido nas referidas localidades, possibilitaram o desenvolvimento de uma avaliação da acessibilidade na RMG.

Indicador de acessibilidade com base no fator tempo

Por meio do cálculo do indicador global de acessibilidade com base no fator *tempo* foi possível obter valores referentes à acessibilidade a cada município com relação aos demais componentes da RMG. Cabe ressaltar que, nesta análise, os dados são referentes apenas aos deslocamentos por transporte público. Uma comparação dos resultados permitiu observar a dinâmica entre os municípios avaliados, com destaque para o significativo desequilíbrio entre eles com relação à macroacessibilidade.

A ferramenta utilizada para coleta dos dados sobre tempos de viagem foi o Google Maps, que disponibiliza, na referida plataforma, informações oferecidas pela RMTC que mostram, em tempo real, o itinerário e os tempos gastos nas viagens por transporte público. Nesta análise, os dados foram coletados no mês de outubro de 2016, no horário de pico das 7 às 8 horas, exceto em dias de feriado e finais de semana. A figura 2 apresenta os dados obtidos.

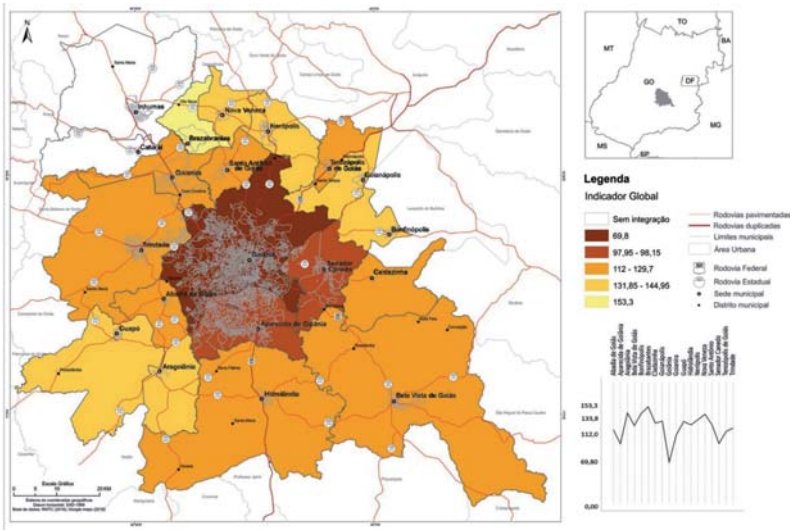
Figura 2
Indicador global de acessibilidade com base no tempo gasto em deslocamentos por transporte público



Ao espacializar tais dados (figura 3), observa-se que os municípios de Brazabrantes, Aragoiânia e Bonfinópolis apresentaram os piores

resultados, ou seja, possuem as piores condições de acessibilidade com relação aos demais municípios componentes da RMG. Por outro lado, o município de Goiânia se destaca com o menor índice obtido, ou seja, apresenta o melhor índice de acessibilidade com relação ao tempo gasto em viagens por transporte público. Outros municípios também apresentaram índices menores, dentre eles dois dos conurbados: Aparecida de Goiânia e Senador Canedo.

Figura 3
Representação espacial do indicador global de acessibilidade com base no tempo gasto em deslocamentos por transporte público



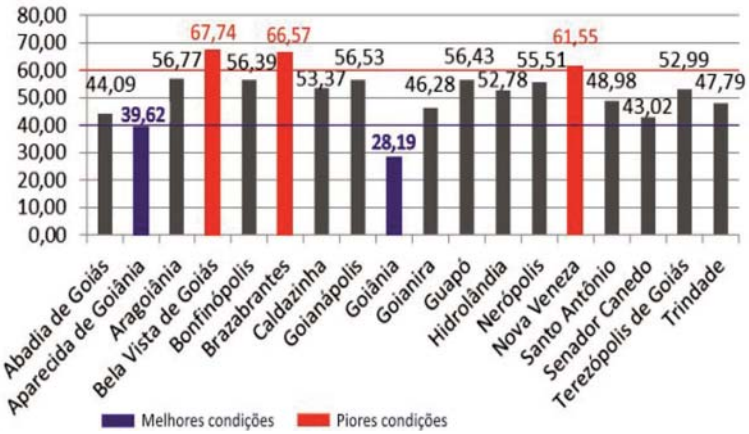
Indicador de acessibilidade com base no fator distância

Associado à ferramenta de representação espacial aplicada na RMG, o indicador de acessibilidade com base na distância percorrida por linhas de ônibus do transporte público também foi utilizado na avaliação da macroacessibilidade na RMG. Os dados também foram obtidos através da ferramenta Google Maps no mês de outubro de 2016, no horário pico das 7 às 8 horas, exceto em dias de feriado e finais de semana. A figura 4 representa os resultados obtidos, enquanto que, na figura 5, é possível observar que os municípios conurbados estão entre os que apresentaram os melhores índices.

Os municípios de Bela Vista de Goiás, Nova Veneza e Aragoiânia apresentaram os piores resultados, ou seja, são os menos acessíveis considerando a distância como fator de impedância. Os melhores resultados,

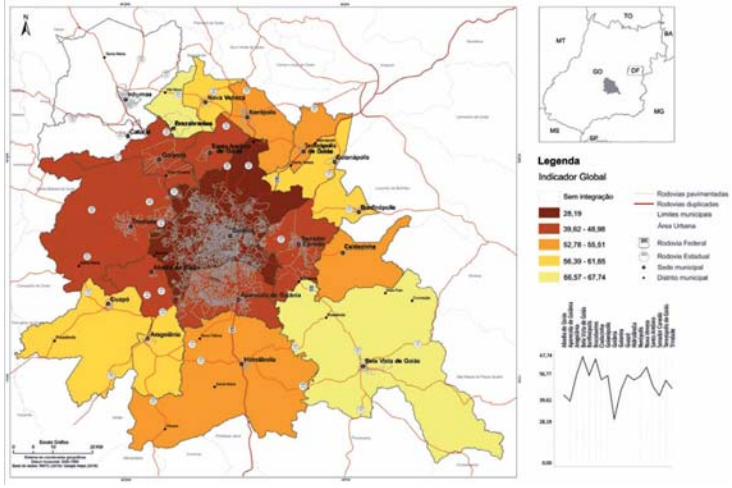
Biblioteca ANTP
Associação Nacional de Transportes Públicos
2011
www.antp.org.br

Figura 4
Indicador global de acessibilidade com base na distância percorrida em deslocamentos por transporte público



por sua vez, se concentram nos municípios de Goiânia, Aparecida de Goiânia e Senador Canedo. Ao observar a representação espacial obtida através do uso de ferramenta SIG (ArcGis) é possível identificar que a posição geográfica central do município de Goiânia explica o fato de ter sido este o município que obteve o melhor índice.

Figura 5
Representação espacial do indicador global de acessibilidade com base na distância percorrida em deslocamentos por transporte público



Indicador de acessibilidade ao emprego urbano formal

O terceiro indicador aplicado à RMG agrega dados do transporte e dados do uso do solo. O indicador, proposto por Hansen (1959), foi utilizado neste trabalho a fim de complementar as informações obtidas através do cálculo do indicador de Allen *et al*. (1993). Para ampliar a abordagem sobre o desequilíbrio da macroacessibilidade na RMG, foi aplicada aos índices obtidos a ferramenta estatística do *desvio padrão*. Com essa medida de dispersão foi possível observar a variabilidade do referido conjunto de dados.

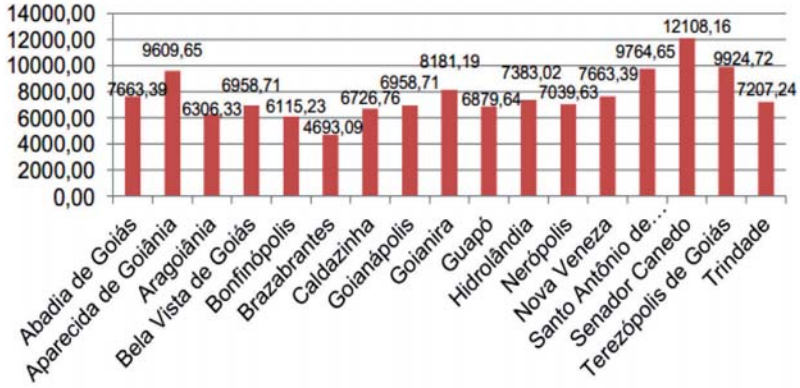
Com base no fator *tempo* o coeficiente de variação geral (CV) foi de 0,4 (u 40%). A partir desse valor médio, foi observado que os municípios mais homogêneos, ou seja, com menores valores de CV foram: Aragoiânia, Goiânia, Nerópolis e Trindade. Goianápolis e Santo Antônio são os menos homogêneos da rede, pois apresentaram os maiores coeficientes de variação. Com relação ao fator *distância*, o coeficiente de variação geral (CV) foi de 0,36 (ou 36%). Os municípios que apresentaram coeficiente de variação inferior à média foram Terezópolis de Goiás, Bela Vista de Goiás e Nerópolis. Os menos homogêneos, porém, são Abadia de Goiás e Santo Antônio.

A partir da identificação dos municípios mais e menos homogêneos, obtida por meio de sobrepor ferramentas estatísticas aos resultados dos indicadores, foi aplicado o indicador de acessibilidade com base no fator emprego nos municípios que apresentaram coeficientes de variação mais destoantes em relação à média. São eles: Abadia de Goiás, Aragoiânia, Bela Vista de Goiás, Goianápolis, Goiânia, Nerópolis, Santo Antônio, Terezópolis de Goiás e Trindade. Ao ser avaliada a relação da macroacessibilidade destes municípios com os demais componentes da RMG, observa-se que os melhores indicadores foram obtidos considerando Goiânia como destino. Esse resultado mostra-se condizente com o fato de se concentrar na capital a maior oferta de atividades, inclusive o emprego. Ressalta-se que os municípios que apresentaram coeficientes de variação mais destoantes da média geral apresentam baixa oferta de empregos. Seguidos de Goiânia, os municípios mais acessíveis identificados são Aparecida de Goiânia, Senador Canedo e Trindade.

Devido ao papel central de Goiânia na RMG e à sua forte atratividade sobre os demais municípios da região, foi também calculado o indicador de acessibilidade ao emprego com base nos deslocamentos com destino à Goiânia. A relação dos resultados obtidos é representada pela figura 6.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Figura 6
Indicador de acessibilidade ao emprego com base no tempo gasto em deslocamentos por transporte público com destino a Goiânia



Neste caso, os índices mais elevados representam os municípios de onde, considerando o fator *tempo* gasto, encontram-se melhores condições de acesso à Goiânia para atividades de emprego. Sendo assim, Goiânia é mais acessível para os moradores de Senador Canedo, Terezópolis de Goiás, Santo Antônio de Goiás e Aparecida de Goiânia. Observa-se que, ao considerar o fator *distância* para o cálculo desse indicador, os municípios para os quais Goiânia é mais acessível são os conurbados: Aparecida de Goiânia, Senador Canedo e Trindade.

O cenário geral é, pois, de desequilíbrio na macroacessibilidade dos municípios na RMG. Municípios menores como Caldazinha, Brazabrantes e Caturaí apresentam poucos habitantes e também baixa oferta de serviços públicos como educação, trabalho, saúde, lazer e até mesmo trabalho. No entanto, municípios maiores como Aparecida de Goiânia, Senador Canedo e Trindade também não atendem de forma suficiente às suas populações em atividades fundamentais como o emprego. Essa característica reforça a atratividade de Goiânia, reforçando o caráter de cidade dormitório de seus municípios vizinhos e sobrecarregando os sistemas de transporte com destino à capital.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metropolização é uma realidade observada em diversas cidades brasileiras trazendo como resultado os expressivos movimentos pendulares que, quando ocorrem sem as políticas de mobilidade urbana

que priorizem os modos coletivos e não motorizados de transporte, afetam negativamente a vida nas cidades. Diante dessa realidade, cabe aos gestores públicos conhecer o perfil dos deslocamentos em suas cidades e aplicar medidas coerentes com suas reais necessidades e características.

No caso das metrópoles, é fundamental que os municípios compartilhem entre si aspectos e informações de interesse comum, de maneira que suas gestões possam implementar processos participativos e integrados de planejamento. Nesse sentido, de acordo com o Estatuto da Metrópole (Brasil, 2015), o transporte público é uma importante função de interesse comum. Assim, que toda política pública realizada por um município de maneira isolada ou que cause impacto em municípios limítrofes é considerada inviável (Brasil, 2015).

Sendo o transporte público coletivo o modo mais sustentável de deslocamento e também o mais adequado para as cidades, é fundamental que tenha a devida prioridade frente aos modos motorizados individuais. Neste contexto, este trabalho se insere em duas principais abordagens: a macroacessibilidade por transporte público coletivo na escala urbana e os indicadores como ferramenta para avaliação das condições de acessibilidade oferecidas por uma localidade em uma escala macro. Cabe destacar que, dentre os diversos modais, o transporte público coletivo é o mais adequado para as escalas meso e macro, tendo em vista as grandes distâncias e os maiores contingentes populacionais em deslocamento.O estudo de caso aqui analisado revelou que a RMG se caracteriza por uma diversidade e desigualdade expressivas entre seus municípios quanto aos aspectos econômicos, populacionais e de oferta de oportunidades como o emprego. Os movimentos pendulares, apesar de serem uma característica intrínseca às regiões metropolitanas, podem contribuir para o agravamento de problemas como os de acessibilidade caso não sejam ordenados em ações de planejamento e gestão urbana. No caso da RMG, o desequilíbrio da rede pode ser observado na oferta de oportunidades entre as localidades, bem como nas diferentes condições de acessibilidade a elas. A relação entre a forte centralidade de Goiânia – que atrai moradores de municípios vizinhos na realização de atividades essenciais como o emprego – e as cidades-dormitório expressa o desequilíbrio da acessibilidade na RMG. Os indicadores aplicados para avaliação dos municípios comprovaram essa condição.

Os municípios conurbados, ao apresentarem melhores índices de acessibilidade comparados aos demais municípios da RMG, oferecem condições para uma relação fortemente integrada e expansiva. Por outro lado, o desequilíbrio entre as localidades que compõem a metrópole, com destaque para a forte atratividade de Goiânia sobre

as demais cidades, pode prejudicar o fortalecimento de municípios vizinhos e intensificar seu caráter de cidades-dormitório.

Diante deste panorama, cabe ressaltar a importância do transporte público coletivo na promoção da acessibilidade entre os municípios da referida metrópole. A melhoria dos resultados obtidos por meio dos indicadores apresentados neste trabalho se dará a partir da aplicação de medidas pautadas no planejamento e gestão nos quais o transporte público coletivo tenha prioridade sobre os modos motorizados individuais. Para isso, a instalação de corredores preferenciais e exclusivos bem como estratégias de integração com o transporte cicloviário e de pedestres podem contribuir significativamente para que seja favorecida a competitividade do transporte público coletivo frente aos modos motorizados individuais.

A mudança do panorama da acessibilidade na RMG depende, dentre outros fatores, de que o transporte público coletivo seja oferecido à população como um meio prioritário, comparado aos modos motorizados individuais. Além disso, a oferta de atividades urbanas essenciais nos municípios vizinhos pode contribuir para um melhor equilíbrio na dinâmica metropolitana da RMG tornando-os, portanto, menos dependentes da capital ou de outras localidades que exercem hoje maior atratividade.

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, W. B. & LIU, D. SINGER, S. Accessibility measures of U.S. metropolitan areas. *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 27, 1993.

AMARAL, E. F de L. *Mobilidade socioespacial na Região Metropolitana de Goiânia: o caso de Senador Canedo.* Projeto de pesquisa. Faculdade de Ciências Humanas e Filosofia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.

ÂNTICO, C. *Onde morar e onde trabalhar: espaço e deslocamentos pendulares na Região Metropolitana de São Paulo.* Tese de doutorado, Unicamp, Campinas, 2003.

BARAT, J. *Industrialização, urbanização e política de transportes: uma formulação para o desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.* Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – BNDE, 1978.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. PlanMob: construindo a cidade sustentável. Caderno de referência para elaboração do Plano de Mobilidade Urbana, 2007.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Brasília, jan. 2015.

BRUINSMA, F. & RIETVELD, P. The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches. *Environment and Planning* A, vol. 30, 1998, p. 499-521.

FERRAZ, A. C. C. P. *Escritos sobre transporte, trânsito e urbanismo*. 1ª edição. Ribeirão Preto: São Francisco, 1998.

HANSEN, W. How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25, n. 2, 1959, p. 73-76.

IMB – Instituto Mauro Borges de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Panorama socioeconômico de Goiás. Estudos IMB. Segplan, GO, 2012.

IMTT – Instituto da Mobilidade e dos Transportes. Guião Orientador – Acessibilidades, mobilidade e transportes nos planos municipais de ordenamento do território. Portugal, 2011.

INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia. Observatório das Metrópoles. Evolução da frota de automóveis e motos no Brasil 2001-2012. Relatório 2013. Rio de Janeiro, 2013.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Caracterização e tendências da rede urbana do Brasil: configurações atuais e tendências da rede urbana. Brasília: Ipea, IBPE, Universidade de Campinas, 2001.

KNEIB, E. C. (org.). *Projeto e cidade: centralidades e mobilidade urbana.* Universidade Federal de Goiás: Gráfica UFG, 2014.

KNEIB, E. C. & PORTUGAL, L. da S. Caracterização da acessibilidade e suas relações com a mobilidade e o desenvolvimento. In: PORTUGAL, Licínio da Silva *et al*. (org.). *Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano*. 1ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. ISBN: 978-85-352-8733-2.

MELLO, A. J. R. *A acessibilidade ao emprego e sua relação com a mobilidade o e desenvolvimento sustentáveis: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*, XII. Rio de Janeiro: UFRJ/Coppe, 2015. 235 p.

METROBUS. Notícias. Disponível em: http://www.metrobus.go.gov.br/. Acesso em: dez. 2016.

MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. *Sustainable Development*, vol. 4, n. 1, 1996, p. 1-11.

MOURA, R. Morfologias de concentração no Brasil: o que se configura além da metropolização? *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, n. 107, Curitiba, jul./dez. 2004, p. 77-92.

MUELLER, C.; TORRES, M.; MORAIS, M. *Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos.* Brasília: Ipea, 1997.

PDIRMG – Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Goiânia. Análise da mobilidade urbana e metropolitana. Universidade Federal de Goiás, 2017.

RMTC – Rede Metropolitana de Transporte Coletivo. RMTC Goiânia. Disponível em: http://www.rmtcgoiania.com.br/sobrea-armtc/informacoes-institucionais. Acesso em: jul. 2016.

SHIELDS, D.; SOLAR, S.; MARTIN, W. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. *Ecological Indicator*, vol. 2, n. 1-2, 2002, p. 149-160.

TEIXEIRA FILHO, J. L. L. *Análise da variabilidade do tempo de viagem como fator de impacto nos custos logísticos do transporte de carga*. Rio de Janeiro: UFRJ/Coppe, 2009.

ANTP
Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

ARENA ANTP 2019 -
Congresso Brasileiro de Mobilidade Urbana

A **Arena ANTP 2019 - Congresso Brasileiro de Mobilidade Urbana** é a 22ª edição do Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito e a XI INTRANS - Exposição Internacional de Transporte e Trânsito da ANTP - eventos bianuais. Nesta nova edição, a ANTP irá realizar seu Congresso em parceria com a OTM Editora.

A **Arena ANTP 2019** ocorrerá nos dias 24, 25 e 26 de setembro de 2019, no Transamérica Expo Center, em São Paulo.

Nesta edição de 2019, o Congresso da ANTP trará inúmeras inovações na sua forma de realização.

Acompanhe.

Além das conferências, que terão um novo formato, também a exposição contará com novidades.

Informações www.antp.org.br

Financiamento, subsídios e equidade do transporte público: uma análise bibliométrica das publicações

Gabriella Vitorino Guimarães
E-mail: gabriella.vitorino@pet.coppe.ufrj.br

Marcelino Aurélio Vieira da Silva
E-mail: marcelino@pet.coppe.ufrj.br

Programa de Engenharia de Transportes – PET-Coppe/UFRJ

Agradecimentos
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes – Código de financiamento 001.

Os estudos e a experiência já comprovaram que os serviços de transporte público são importantes para o desenvolvimento das cidades e, devido à grande demanda dos cidadãos (alta prioridade) e ao seu caráter de serviço público básico, o poder público tem o dever de fornecê-los para a população (Ruiz-Montañez, 2017). Porém, o crescimento observado do transporte individual nas últimas décadas, além dos problemas de congestionamento, questões ambientais e os referentes a acidentes de trânsito, apresentam outra adversidade, que é o comprometimento que podem causar na equidade do uso do espaço público de circulação, vias e logradouros. A Lei de Mobilidade Urbana no Brasil (Lei nº 12.587/2012), por exemplo, visa contribuir para o acesso universal à cidade e para o desenvolvimento urbano, ressaltando a sua importância no planejamento e na gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana proposto (Brasil, 2012).

Outro grande desafio é o seu financiamento, visto que é uma atividade bastante dispendiosa, e a cobrança da tarifa muitas vezes não é capaz de custear a operação por inteiro, principalmente no tocante a oferecer um serviço de qualidade para os usuários. Contudo, os custos para operar as redes de transporte são elevados, e as autoridades estão interessadas em entender os aumentos contínuos. Provavelmente estamos diante de um novo fenômeno social, e a sustentabilidade financeira do transporte urbano deve estar no mesmo nível do planejamento urbano (Ruiz-Montañez, 2017).

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

De acordo com S. Fei (2016), além da criação de um ambiente orientado para o trânsito que promova o uso e o desenvolvimento do transporte público, é importante a implementação de uma política econômica que incorpore subsídios aos transportes. Eles são utilizados em muitas cidades ao redor do mundo e um dos amplos argumentos para sua implementação é a redistribuição de renda para certos grupos menos favorecidos (Ubbels e Nijkamp, 2002), pois, em determinados casos, apenas alguns grupos sociais o recebem pelo fato de muitas vezes não ser possível oferecer os benefícios para a população como um todo devido à limitação de recursos. No entanto, uma lacuna na literatura, identificada por Cadena *et al*. (2016), é a avaliação limitada da equidade dessas políticas e da escassa avaliação quantitativa de sua incidência distributiva.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo identificar como as temáticas de equidade, financiamento e subsídios do transporte público estão sendo trabalhadas/estudadas nos últimos anos (a partir do ano de 2010), através da técnica de análise bibliométrica. O restante do artigo está dividido/organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a metodologia aplicada para a realização do estudo; na seção 3 é realizada a análise bibliométrica (aplicação da metodologia); a seção 4 traz uma breve análise sistêmica; a seção 5 mostra as pesquisas no Brasil na área e, por fim, a seção 6 versa sobre as conclusões deste trabalho.

METODOLOGIA

A bibliometria é utilizada para estudar ou medir a pesquisa e se dá através da análise de publicações científicas armazenadas ou indexadas em grandes bases de dados bibliográficos (Gutiérrez-Salcedo, M. *et al*., 2018). Ainda de acordo com os autores, a bibliometria contribui para o avanço da ciência uma vez que permite a avaliação do progresso de determinada área de estudo, identifica os principais atores científicos, identifica as fontes mais confiáveis de publicação científica e assim por diante.

Dentro de alguns trabalhos identificados na área de transportes que aplicaram esta técnica, tem-se Najmi, A. *et al*. (2017), que buscaram entender a rápida evolução do campo de transportes, quantitativa e qualitativamente; Tian, X. *et al*. (2018), que identificaram tendências e características da pesquisa de emissões de carbono no setor de transportes no período entre 1997-2016; Bergiante, N. C. R. *et al*. (2015), que mapearam a produção acadêmica nas áreas de modelos de negócios e transporte aéreo no período de 1990 a

2012; Carvalho *et al*. (2017), que analisaram as publicações entre os anos de 2008 e 2017 sobre transporte público em áreas urbanas, com foco em sistemas de transportes públicos; e Santos e Silva (2017), que analisaram as publicações relacionadas ao transporte público e sustentabilidade.

Porém, de acordo com Najmi, A. *et al*. (2017), os estudos bibliométricos empregados no campo da engenharia de transportes ainda recebem pouca atenção, apresentando então uma lacuna de estudo na área. Nesse contexto, esta foi a metodologia escolhida para a realização deste trabalho, complementada com a realização de uma síntese dos artigos dos principais autores, conforme explanado nos próximos tópicos.

Coleta e seleção de dados

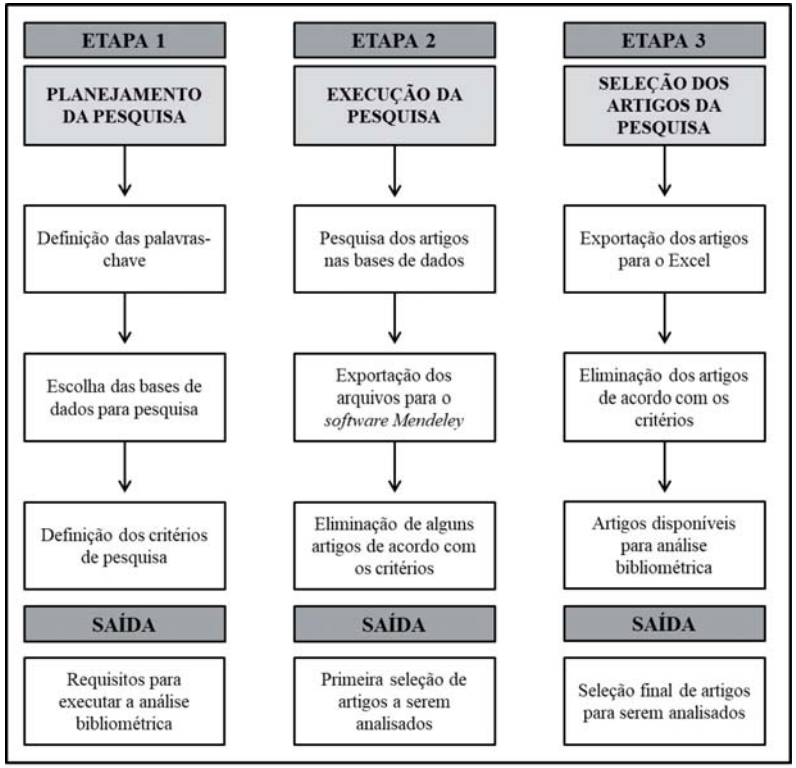
As bases de dados utilizadas para a coleta/busca de dados foram *Science Direct, Scopus* e *Web of Science*. As combinações de palavras-chave utilizadas foram: "*Subsidies*" AND "*Public Transport*", "*Equity*" AND "*Public Transport*", e "*Finance*" AND "*Public Transport*". O recorte temporal foi de artigos publicados a partir do ano de 2010 até a data da realização deste trabalho (maio de 2018).

Como o foco deste trabalho é analisar os subsídios do transporte público coletivo urbano e as suas formas de financiamento, além de entender o seu papel na promoção de equidade social, alguns artigos com determinadas palavras identificadas previamente (*airport*, *airline*, *port*, *low-carbon*, *ship*, *maritime* e *eletric*) e os arquivos sem título foram excluídos. Devido a essas bases apresentarem muitos periódicos em comum, através do *software* Mendeley, todos os títulos duplicados foram eliminados.

Após esta primeira etapa, foi identificado um total de 1.122 artigos, distribuídos da seguinte maneira: 196 artigos no grupo 1 ("*Subsidies*" AND "*Public Transport*"), 572 artigos no grupo 2 ("*Equity*" AND "*Public Transport*") e 354 artigos no grupo 3 ("*Finance*" AND "*Public Transport*"). Em seguida, foram selecionados os artigos científicos publicados em periódicos de conceitos A1 e A2 de acordo com a avaliação Qualis Capes do quadriênio 2013-2016. Feito isso, a distribuição dos artigos passou a ser: 76 artigos no grupo 1, 413 artigos no grupo 2, e 115 artigos no grupo 3. A figura 1 mostra o fluxograma do processo de coleta e seleção de dados aplicados neste artigo.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Figura 1
Fluxograma do processo de coleta e seleção de dados



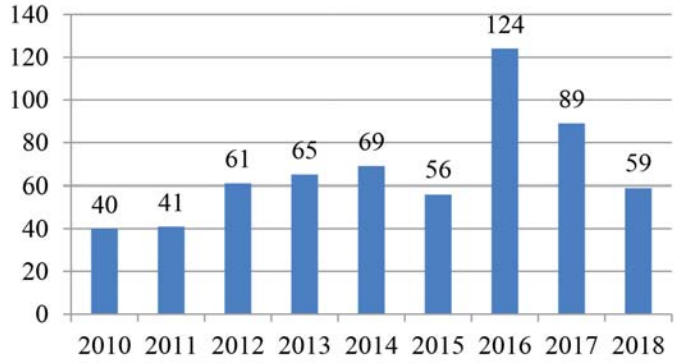
ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Para a análise bibliométrica foram utilizados o *software* Mendeley e o pacote Excel 2010. A mesma foi dividida em subtópicos, que serão descritos a seguir.

Publicações por ano

Nesta análise, percebeu-se que, a partir do ano de 2010, houve uma tendência de crescimento no número de publicações até o ano de 2016. Em termos numéricos, destacam-se os anos de 2016 e 2017, com 124 e 89 títulos respectivamente. O resultado pode ser visualizado na figura 2.

Figura 2
Publicações por ano



Produtividade dos periódicos

Dentre os periódicos selecionados com base nos critérios, apenas 22 deles foram identificados na pesquisa. Cinco deles tiveram participação expressiva, conforme pode ser visto na tabela 1. Eles apresentam considerável fator de impacto – métrica que calcula o número de citações por ano dividido pelo total de artigos publicados no mesmo período, dentre os que compõem a coleção de *Web of Science* –, com exceção apenas do periódico *Research in Transportation Economics*, que é de apenas 0,781.

Tabela 1
Fator de impacto dos periódicos mais expressivos na pesquisa

Periódico	Produtividade (nº de artigos)	Fator de impacto
Cities	60	2.449
Journal of Transport Geography	134	2.675
Research in Transportation Economics	103	0.781
Transport Policy	131	2.269
Transportation Research Part A: Policy and Practice	107	2.609
Outros	69	--

Fonte: Elsevier, 2018.

Produtividade dos autores

Através do *software* Mendeley, foram identificados 1.217 autores, seja com trabalho individual ou em grupo. A representação percentual dos autores por número de contribuição está apresentada na tabela 2.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Tabela 2
Produtividade dos autores

Nº de contribuições por autor	Nº de autores	% de autores
16	1	0,08%
11	1	0,08%
8	1	0,08%
7	2	0,16%
6	2	0,16%
5	3	0,16%
4	12	0,99%
3	37	3,04%
2	99	8,13%
1	1.060	87,10%
Total	1.217	100%

O quadro 1 mostra os autores que possuem cinco ou mais publicações e suas respectivas universidade e país de origem. Destaca-se a representatividade da University of Sidney, na Austrália, nesta área de estudo.

Quadro 1
Produtividade dos autores, universidade e país

Autor	Nº de artigos	Universidade	País
Boisjoly, Genevieve	5	McGill University	Canadá
John, Stanley	5	University of Sidney	Austrália
Lucas, Karen	6	University of Leeds	Inglaterra
Currie, Graham	6	Monash University	Austrália
Börjesson, Maria	7	Royal Institute of Technology (KTH)	Suécia
El-Geneidy, Ahmed	7	McGill University	Canadá
Eliasson, Jonas	8	Royal Institute of Technology (KTH)	Suécia
Hensher, David	11	University of Sidney	Austrália
Mulley, Corinne	16	University of Sidney	Austrália

ARTIGOS SELECIONADOS DOS PRINCIPAIS AUTORES

Com o intuito de inserir um viés qualitativo neste trabalho, fez-se a seleção dos artigos dos autores com maior produtividade. Como alguns deles apresentaram publicações em comum, o número total de artigos foi de 63. Fez-se uma leitura dos títulos para ver se realmente eles tinham relação com os temas relacionados aos objetivos que motivaram essa pesquisa. O primeiro recorte foi de 42 artigos. Porém, após a leitura dos resumos, foram selecionados 29 deles, que foram os que apresentaram maior afinidade com esse propósito. O quadro 2 traz uma síntese desses artigos.

Quadro 2
Síntese dos artigos selecionados

Autor(es)	Procedimento Ferramentas	*Software* utilizado	Nº de citações	Meio de transporte	Palavra-chave relacionada	Outros assuntos	Impactos do investimento em transporte público	Relaciona transporte e equidade	Avalia fontes de financiamento	Estuda os impactos das tarifas
Mulley, C.; Walters, J. (2014)	Teórico	--	3	Terrestres	*Equity*	-	-	-	X	-
Mulley, C. *et al*. (2016)	Modelagem espacial	Geographically Weighted Regression	7	BRT e trem	*Equity*		X	-	X	-
Mulley, C.; Tsai, C-H. P. (2016)	Modelo multinível	--	4	BRT	*Equity*		X	-	X	-
Mulley, C.; Weisbrod, G. (2016)	Teórico	--	0	Terrestres	*Finance*		X	-	-	-
Olaru, D; Mulley, C.; Smith, B.; Ma, L. (2017)	Análise espacial e modelos de regressão	Geographically Weighted Regression	0	Terrestres	*Finance*	X				
Gordon, C.; Mulley, C.; Nick, S.; Daniels, R. (2013)	Teórico	--	4	Metrô	*Finance*	X				
Tirachini, A.; Hensher, D. A.; Rose, J. M. (2014)	Modelos matemáticos	--	36	Terrestres	*Subsidies*					X
Hensher, D.; Li, Z. (2013)	Teórico	--	23	Carro	*Finance*				X	
Li, Z.; Hensher, D. (2012)	Teórico	--	30	Carro	Finance				X	
Eliasson, J.; Jonsson, L. (2011)	Construção de modelos para análise estatística	--	42	Carro	*Finance*				X	
Eliasson, J. *et al*. (2013)	Comparação de dados oficiais de trânsito	--	18	Carro	*Finance*				X	
Eliasson, J. (2014)	Teórico (Uso de dados oficiais)	--	18	Carro	*Finance*				X	
Eliasson, J. (2016)	Modelos logit ordenado e binário	--	2	Carro	*Finance*			X	X	
El-Geneidy, A. *et al*. (2016)	Uso de pesquisa OD e ANOVA	--	14	Terrestres	*Finance*			X		X
Verbich, D.; El-Geneidy, A. (2017)	Modelo de regressão binomial negativa	--	0	Metrô e Ônibus	*Finance*					X
Legrain, A.; Buliung, R.; El-Geneidy, A. (2016)	Regressão linear e modelo gravitacional	--	3		Finance			X		
Borjesson, M. *et al*. (2012)	Teórico	--	97	Carro					X	
Borjesson, M. *et al*. (2015)	Entrevistas e análise fatorial	Biogeme e SPSS	9	Terrestres	*Finance*				X	X
Borjesson, M.; Eliasson, J.; Hamilton, C. (2016)	Entrevistas e modelos logit	SPSS	5	Carro	*Finance*				X	
Borjesson, M.; Kristoffersson, I. (2018)	Teórico (dados de pesquisas anteriores)	--	1	Carro	*Finance*				X	
Kristoffersson, I.; Engelson, I.; Borjesson, M. (2017)	Modelagem matemática	--	1	Carro	*Finance*			X	X	
Delbosc, A.; Currie, G. (2011)	Pesquisa domiciliar e análise fatorial	--	49	Terrestres	*Finance*	X		X		
Lucas, K. (2012)	Teórico	--	209	Terrestres	*Finances*			X		
Lucas, K. (2016)	Grupos focais e pesquisa qualitativa	--	11	Terrestres	*Subsidies*			X		
Jones, P.; Lucas, K. (2012)	Teórico	--	55	Terrestres	*Finance*			X		
Lucas, K. (2011)	Teórico - baseado em pesquisas	--	57	Terrestres	*Finance*			X		X
Stanley, J.; Levinson, D. (2016)	Workshop	--	0	---	*Finance*				X	
Stanley, J.; Smith, A. (2013)	Teórico/Workshop	--	2	---	*Finance*	X			X	
Stanley, J.; Mulley, C. (2010)	Workshop	--	3	---	*Finance*			X		

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

Houve uma grande diversidade nas palavras-chave dos artigos selecionados, apresentando um total de 111. As maiores frequências foram: *congestion charge* (12), *acceptability* (7), *equity* (5), *PPP* (4) e *transport policy* (4). Elas apresentam relação com as palavras-chave iniciais da pesquisa. Porém, não englobam a temática de financiamento, mesmo tendo a maioria dos trabalhos sido fruto da pesquisa das palavras-chave "*Finance*" AND "*Public Transport*".

As publicações sobre o tema "*congestion charge*" discutiram principalmente a questão da aceitabilidade do público (Borjesson, M. *et al*. (2012) e Eliasson, J.; Jonsson, L. (2011)) e os impactos previstos e os alcançados após a implementação do projeto (Borjesson, M. *et al*. (2012), Borjesson, M.; Eliasson, J.; Hamilton, C. (2016), Eliasson, J. *et al*. (2013)).

Sobre o tema "*equity*" destacam-se as discussões a respeito da equidade e transportes (El-Geneidy, A. *et al*. (2016), Lucas, K. (2011), e a respeito dos impactos e consequências sociais nas decisões de transporte (Delbosc, A.; Currie, G. (2011), Jones, P.; Lucas, K. (2012), Mulley, C.; Weisbrod, G. (2016) e Stanley, J.; Mulley, C. (2010)) e da acessibilidade da população de baixa renda aos sistemas de transporte em relação ao seu custo (Delbosc, A.; Currie, G. (2011) e Legrain, A.; Buliung, R.; El-Geneidy, A (2016)).

Sobre financiamento e custos de transportes, foram identificados os trabalhos de Stanley, J.; Mulley, C. (2010), Stanley, J.; Levinson, D. (2016) – avaliações de custo-benefício dos transportes –, Mulley, C.; Walters, J. (2014) – financiamento inovador de transportes –, e de Stanley, J.; Levinson, D. (2016) – que estudaram a lacuna benefício/financiamento de serviços de transportes.

PESQUISAS NO BRASIL

Esta análise bibliométrica resultou em um elevado número de publicações, porém a produção brasileira não se destacou após a aplicação dos critérios pré-estabelecidos para seleção de trabalhos de destaque. Identificada esta lacuna, fez-se uma pesquisa nos trabalhos de pós-graduação nacional e de órgãos do governo para analisar a vertente local dos estudos sobre as temáticas estudadas.

Uma importante alternativa de financiamento implantada no Brasil a nível nacional é o vale transporte, que foi implantado de forma obrigatória no ano de 1987 através da Lei nº 7.619. Esse é um subsídio custeado pelo empregador que garante parte do deslocamento casa-trabalho-casa ao empregado de forma antecipada. O beneficiário tem uma parcela equivalente a 6% de seu salário básico ou vencimento descontado para o seu custeio (Dias, 2010). Porém, o trabalhador informal não recebe esse tipo de subsídio e essa realidade brasileira não pode ser desconsiderada pelas autoridades públicas. Assim, é de suma importância o aprofundamento em estudos e desenvolvimento de políticas públicas com o objetivo de os subsídios de transporte público abrangerem uma maior parcela da população.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

No entanto, os estudos nesta área não estão muito avançados no Brasil, havendo muitos enfoques que ainda podem ser explorados por pesquisadores e profissionais da área. Por ocasião deste artigo, foram selecionados seis trabalhos; embora o mais antigo deles seja do ano de 2008, não houve muitas discussões envolvendo este tema ao longo dos anos. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), através do trabalho de Carvalho *et al*. (2013), iniciou um importante debate sobre a necessidade da redução das tarifas do transporte público paralelamente a ser imprescindível encontrar uma forma de financiamento desse subsídio. Os resumos destes trabalhos estão explanados no quadro 3.

Os artigos abaixo elencados trabalham os temas de financiamento e tarifa do transporte público de diferentes maneiras, mas todos mostram o financiamento do transporte público e/ou a redução da tarifa como imprescindíveis, necessitando estudos voltados para essas temáticas. O campo de pesquisa ainda apresenta lacunas, tais como a análise de como deve ser feita a implementação de fontes de receitas extra-tarifárias na realidade de nossos municípios e qual a melhor política de subsídios a ser adotada, de forma a alocar os recursos extras que possam ser arrecadados.

Quadro 3
Síntese dos trabalhos brasileiros identificados

Autor/a(es/as)	Objetivo	Conclusão
LO FIEGO, S. V. (2008)	Apresentar uma proposta para análise do comparador público de projetos de Parcerias Público-Privadas (PPP) no âmbito do Programa de PPP do Estado do Rio de Janeiro, direcionado ao setor de transporte público.	Na análise de projetos políticos em transportes urbanos, apenas a avaliação financeira é insuficiente, pois deixa de identificar a totalidade dos fluxos gerados pelo projeto.
DIAS, J. M. P. (2010)	Analisar diferentes formas de financiamento operacional de sistemas de transporte público para propor uma alternativa ao aplicado hoje no município do Rio de Janeiro.	A implantação de um benefício do tipo de "*versement transport*" da França viria a contribuir para uma melhoria na operação do transporte coletivo urbano, com reflexos altamente positivos na qualidade do serviço prestado, com aumento da mobilidade e ganhos reais nos custos operacionais.

Continua

Quadro 3 (continuação)

Autor/a(es/as)	Objetivo	Conclusão
CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. (2012)	Apresentar a evolução real – descontada a inflação – das tarifas médias dos sistemas de ônibus e da renda das famílias entre 1995 e 2008, analisando seus efeitos sobre a demanda desse serviço por parte dos passageiros pagantes nas nove maiores cidades brasileiras (Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Goiânia, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo).	Sugere-se a formação de fundos extra-tarifários como estratégia de conduzir a redução das tarifas cobradas pelos serviços e a promoção de integração tarifária do sistema. Destaca-se, ainda, a adoção de medidas de combate ao serviço ilegal de transporte urbano, a promoção de fontes alternativas de recursos, como a cobrança de taxas de transporte, contribuição de melhoria, o selo pedágio, a taxa de acessibilidade, os títulos de privatização etc.
CARVALHO, C. H. R. *et al*. (2013)	Contribuir com o debate sobre redução das tarifas do transporte público (TPU) no Brasil, apresentando dados e informações acerca de modelos de financiamento do TPU adotados no Brasil e em outros países. Além disso, são apresentados exemplos e alternativas de fontes de recursos extra-tarifários que poderiam contribuir para o financiamento desses serviços com vistas à redução do preço das tarifas, sobretudo.	O modelo adotado de financiamento da operação quase que exclusivamente via arrecadação tarifária, praticado em todos os municípios, mostra-se inadequado ao objetivo de se alcançar um transporte público de alta qualidade e baixo custo para o usuário. Coloca-se a necessidade de outros segmentos da sociedade, beneficiários do transporte público, contribuírem para o seu financiamento.
PEREIRA, R. H. M. *et al*. (2015)	Estimar os efeitos do envelhecimento populacional sobre o preço das passagens do transporte público nas próximas quatro décadas na Região Metropolitana de São de Paulo (RMSP), a maior região metropolitana do país.	Os resultados indicam que, no médio e longo prazos, o crescimento previsto na proporção de passageiros com gratuidades (envelhecimento da população) poderia ocasionar aumento no sobrepreço da tarifa, com elevação de seu valor em cerca de 10% e de 20%, caso seja mantido o mecanismo de subsídios cruzados.
RIBEIRO, G. E. (2015)	Investigar as formas de regulação, remuneração e financiamento do ônibus paulistano desde a Constituição de 1988, na gestão Luiza Erundina, quando se propôs a tarifa zero, até os dias de hoje, para avaliar qual forma de regulação é melhor para o cidadão, preservando a viabilidade econômico-financeira dos empresários e município.	A licitação do serviço de transporte público deve ser estruturada exclusivamente para os cidadãos com a menor remuneração possível aos prestadores do serviço. Isso facilitaria a atender as necessidades do sistema de reprodução da força de trabalho.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

CONCLUSÕES

Como principais conclusões da análise bibliométrica realizada, tem-se que o conjunto de palavras-chave "*equity*" AND "*public transport*" foi o que apresentou o maior número de publicações, porém os artigos selecionados para análise, de acordo com os critérios de autores e periódicos mais relevantes, pertenciam à pesquisa das palavras-chave "*finance*" AND "*public transport*". Na apreciação dos artigos científicos selecionados dos principais autores, destaca-se entre os subtemas trabalhados: taxas de congestionamento, equidade e financiamento, e custos dos transportes.

Em se tratando de Brasil, não houve destaque nas publicações identificadas na análise bibliométrica. Ainda na segunda busca, poucos trabalhos foram identificados, mostrando que existem lacunas na área para serem exploradas por pesquisadores e profissionais. Embora muitos trabalhos já tenham sido realizados em diversas nações, países em desenvolvimento apresentam diferenças econômicas e sociais que influenciam na maneira de operar os sistemas, o que muitas vezes requer uma análise do mesmo problema, mas com diferente abordagem.

Por fim, este artigo contribuiu para um primeiro entendimento das publicações sobre estas temáticas e deu direcionamento de pesquisas com esse mesmo objeto de estudo. Assim, recomenda-se como um próximo passo a realização/aplicação da técnica de revisão sistemática, de modo a obter informações mais sólidas sobre as abordagens destas publicações, bem como utilizar a técnica metodológica "*snowball*" ou "bola de neve", que é "uma forma de amostra não probabilística utilizada em pesquisas sociais onde os participantes iniciais de um estudo indicam novos participantes que por sua vez indicam novos participantes e assim sucessivamente, até que seja alcançado o objetivo proposto" (Baldin e Munhoz, 2011). Fazendo dessas técnicas ferramentas para a pesquisa, aumenta-se o leque de informações e favorece-se um estudo mais aprofundado na temática e objeto de interesse do pesquisador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. Snowball (bole de neve): uma técnica metodológica para pesquisa em educação ambiental comunitária. In: X CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - EDUCERE. *Anais*. Nov. 2011.

BERGIANTE, N. C. R. *et al*. Bibliometric study of the relationship between business model and air transport. *Scientometrics*, vol. 105, p. 941-958, nov. 2015.

BORJESSON, M. *et al*. Factors driving public support for road congestion reduction policies: congestion charging, free public transport and more roads in Stockholm, Helsinki and Lyon. *Transportation Research Part A*, 2015, p. 452-462.

_____. The Stockholm congestion charges – 5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt. *Transport Policy*, 2012, p. 1-12.

BORJESSON, M.; ELIASSON, J.; HAMILTON, C. Why experience changes attitudes to congestion pricing: the case of Gothenburg. *Transportation Research Part A*, 2017, p. 2.16.

BORJESSON, M.; KRISTOFFERSSON, I. The Swedish congestion charges: ten years on. *Transportation Research Part A*, 2018, p. 35-51.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Dispõe sobre as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

CADENA, P. C. B. *et al*. Social and distributional effects of public transport fares and subsidy policies. Transportation research record. *Journal of the Transportation Research Board*, n. 2544, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2016, p. 47–54.

CARVALHO, C. H. R. *et al*. Tarifação e financiamento do transporte público urbano. Nota Técnica n. 2. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, jul. 2013.

CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil. *Revista Transportes*, vol. 20, n. 1, 2012, p. 31-40.

CARVALHO, C. U. *et al*. Transporte público em áreas urbanas: uma análise bibliométrica. In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET. *Anais*. Recife, 2017.

DELBOSC, A.; CURRIE, G. Transport problems that matter – social and psychological links to transport disadvantage. *Journal of Transport Geography*, 2011, p. 170-178.

DIAS, J. M. P. *Financiamento operacional para um transporte urbano sustentável*. Rio de Janeiro: UFRJ, Coppe, 2010.

EL-GENEIDY, A.; LEVINSON, D.; DIAB, E.; BOISJOLY, G.; VERBICH, D.; LOONG, C. The cost of equity: assessing accessibility by transit and social disparity using total travel cost. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, n. 91, 2016, p. 302-316.

ELIASSON, J.; JONSSON, L. The unexpected "yes": explanatory factors behind the positive attitudes to congestion charges in Stockholm. *Transport Policy*, 2011, p. 636-647.

ELIASSON, J. *et al*. Accuracy of congestion pricing forecasts. *Transportation Research Part A*, 2013, p. 34-46.

ELIASSON, J. The role of attitude structures, direct experience and reframing for the success of congestion pricing. *Transportation Research Part A*, 2014, p. 81-95.

_____. Is congestion pricing fair? Consumer and citizen perspectives on equity effects. *Transport Policy*, 2016, p. 1-15.

ELSELVIER. Disponível em: <https://www.elsevier.com/>. Acesso em: 20 mai. 2018.

FEI, S. Parking versus public transport subsidies: case study of Nanjing, China. *Transportation Letters*, 2016.

GORDON, C.; MULLEY, C.; NICK, S.; DANIELS, R. How optimal was the Sydney Metro contract?: comparison with international best practice. *Research in Transportation Economics*, 2013, p. 239-246.

GUTIÉRREZ-SALCEDO, M. *et al*. Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Applied Intelligence*, vol. 48, mai. 2018, p. 1275-1287.

Biblioteca ANTP
www.antp.org.br

HENSHER, D. A.; LI, Z. Referendum voting in road pricing reform: a review of the evidence. *Transport Policy*, 2013, p. 186-197.

JONES, P.; LUCAS, K. The social consequences of transport decision-making: clarifying concepts, synthesising knowledge and assessing implications. *Journal of Transport Geography*, 2012, p. 4-16.

LEGRAIN, A.; BULIUNG, R.; EL-GENEIDY, A. Travelling fair: targeting equitable transit by understanding job location, sectorial concentration, and transit use among low-wage workers. *Journal of Transport Geography*, 2016, p. 1-11.

LI, Z.; HENSHER, D. A. Congestion charging and car use: a review of stated preference and opinion studies and market monitoring evidence. *Transport Policy*, 2012, p. 47-61.

LO FIEGO, S. V. *Parcerias Público-Privadas no financiamento de transportes urbanos: uma proposta para a construção de comparador público*. Dissertação de mestrado, UFRJ, Coppe, Rio de Janeiro, 2008.

LUCAS, K. Making the connections between transport disadvantage and the social exclusion of low income populations in the Tshwane Region of South Africa. *Journal of Transport Geography*, 2011, p. 1320-1334.

_____. Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 2012, p. 105-113.

LUCAS, K. *et al*. Modelling the relationship between travel behaviours and social disadvantage. *Transportation Research Part A*, 2016, p. 157-173.

KRISTOFFERSSON, I.; ENGELSON, L.; BORJESSON, M. Efficiency vs equity: conflicting objectives of congestion charges. *Transport Policy*, 2017, p. 99-107.

MULLEY, C.; WALTERS, J. Workshop 7 Report: Innovative finance for innovative public transport. *Research in Transportation Economics*, 2014, p. 389-392.

MULLEY, C.; TSAI, C.-H.P. When and how much does new transport infrastructure add to property values? Evidence from the bus rapid transit system in Sydney, Australia. *Transport Policy*, vol. 51, out. 2016, p. 15-23.

MULLEY, C. *et al*. Residential property value impacts of proximity to transport infrastructure: an investigation of bus rapid transit and heavy rail networks in Brisbane, Australia. *Journal of Transport Geography*, 2016, p. 41-52.

MULLEY, C.; WEISBROD, G. Workshop 8 report: The wider economic, social and environmental impacts of public transport investment. *Research in Transportation Economics*, 2016, p. 397-400.

NAJMI, A. *et al*. Reviewing the transport domain: an evolutionary bibliometrics and network analysis. *Scientometrics*, vol. 110, fev. 2017, p. 843-865.

OLARU, D.; MULLEY, C.; SMITH B.; MA, L. Policy-led selection of the most appropriate empirical model to estimate hedonic prices in the residential market. *Journal of Transport Geography*, 2017, p. 213-228.

PEREIRA, R. H. M. *et al*. Envelhecimento populacional, gratuidades no transporte público e seus efeitos sobre as tarifas na Região Metropolitana de São Paulo. *Revista Brasileira de Estudos da População*, vol. 32, n. 1, jan.-abr. 2015.

RIBEIRO, G. V. *Transporte público como direito social: regulação e financiamento do transporte por ônibus municipal em São Paulo de 1988 a 2015*. Campinas/SP: Unicamp, 2015.

SANTOS, T. F.; SILVA, M. A. V. Transporte público e sustentabilidade: uma análise das publicações à luz da bibliometria. In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET. *Anais*. Recife, 2017.

STANLEY, J.; MULLEY, C. Workshop report – social inclusion. *Research in Transportation Economics*, 2010, p. 275-279.

STANLEY, J.; SMITH, A. Workshop 3A: Governance, contracting, ownership and competition issues in public transport: looking up not down. *Research in Transportation Economics*, 2013, p. 167-174.

STANLEY, J.; LEVINSON, D. Workshop 3 report: Sustainable funding sources and related cost benefit measurements. *Research in Transportation Economics*, 2016, p. 1-8.

TIAN, X. *et al*. A bibliometric analysis on trends and characters of carbon emissions from transport sector. *Transportation Research Part D: transport and environment*, 2018, p. 1-10.

TIRACHINI, A.; HENSHER, D. A.; ROSE, J. M. Multimodal pricing and optimal design of urban public transport: The interplay between traffic congestion and bus crowding. *Transportation Research Part B*, 2014, p. 33-54.

UBBELS, D.; EL-GENEIDY, A. Public transit fare structure and social vulnerability in Montreal, Canada. *Transportation Research Part A*, 2017, p. 43-53.

VERBICH, B.; NIJKAMP, P. Unconventional funding of urban public transport. *Transportation Research Part D*, 2002, p. 317-329.

Sistema de Informação da Mobilidade Urbana

Sistema de Informações da Mobilidade Urbana

Desenvolvido pela ANTP, em parceria com o BNDES, consiste em banco de dados e informações especialmente desenhado para permitir aos setores públicos federal, estaduais e municipais o adequado acompanhamento das várias facetas de caráter econômico e social envolvidas na dinâmica do transporte e transito urbanos dos municípios brasileiros, com população superior a 60 mil habitantes.

O Sistema de Informações da Mobilidade Urbana foi desenvolvido para agregar mais de 150 dados básicos dos 533 municípios, com 60.000 ou mais habitantes em 2014, obtidos por meio de questionário enviado pela ANTP e preenchidos pelos responsáveis do transporte e trânsito municipais e metropolitanos. A abrangência das áreas consideradas são as seguintes: ônibus municipais; ônibus metropolitanos; metro ferroviário; trânsito e mobilidade urbana.

Consulte o Sistema de Informações da Mobilidade Urbana no site da ANTP - **www.antp.org.br**

ANTP
Biblioteca ANTP
2011
www.antp.org.br

Entidades associadas

Associação Brasileira da Indústria Ferroviária - Abifer
Associação Brasileira das Empresas de Engenharia de Trânsito - ABEETrans
Associação das Concessionárias de Serviço de Transporte Público de Passageiros por Ônibus Urbanos de Salvador
Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Metrô - Aeamesp
Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos - NTU
BB Transporte e Turismo Ltda.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Companhia de Engenharia de Tráfego - São Paulo
Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô - Sede
Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
Concessão Metroviária do Rio de Janeiro S.A
CTA - Controladoria do Transporte de Araraquara
Emdec - Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas S/A
Empresa de Desenvolvimento Urbano e Social de Sorocaba Ltda.
Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S/A - BHTrans
Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S/A
Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo S.A
Fabus - Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus
Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Rio Janeiro - Fetranspor
Federação das Empresas de Transportes de Passageiros por Fretamento do Estado de São Paulo - Fresp
GPO Sistran Engenharia Ltda.
Instituto de Energia e Meio Ambiente

Biblioteca ANTP 2011
www.antp.org.br

Instituto de Mobilidade Sustentável - Ruaviva
Joalina Transportes Ltda.
Kapsch Trafficom Controle de Tráfego e de Transportes do Brasil Ltda.
Marcopolo S/A
Mercedes-Benz do Brasil Ltda.
Metra - Sistema Metropolitano de Transporte Ltda.
Município de Itupeva
Niterói Transporte e Trânsito S/A - NITTrans
Oficina Consultores Associados S/c Ltda.
Prefeitura Municipal da Estância Balneária de Praia Grande
Prefeitura Municipal de Valinhos
Prodata Mobility Brasil Ltda.
RedeMob Consórcio
Santo André Transportes / SA-Trans
São Paulo Transportes S.A.
Secretaria Municipal de Trânsito e Transportes de Piracicaba
Secretaria Municipal de Transportes - São Paulo
Secretaria Municipal de Transportes de Jundiai
Sindicato das Empresas de Ônibus da Cidade do Rio de Janeiro - Rio Ônibus
Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros de São Paulo - Urbanuss
Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros de Belo Horizonte
Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado de São Paulo
Sindicato Interestadual das Indústrias de Materiais e Equipamentos Ferroviários e Rodoviários
Sinergia Estudos e Projetos SA
Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito - SMTT - Aracaju
TACOM - Engenharia Projetos Ltda.
TTC - Engenharia de Tráfego e de Transportes S/c Ltda.
Urbanização de Curitiba S/A
Volvo do Brasil Veículos Ltda.
WRI Brasil

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP

Conselho Diretor
(biênio 2018/2019)

Ailton Brasiliense Pires - *presidente*
Antonio Luiz Mourão Santana - *vice-presidente*
Claudio de Senna Frederico - *vice-presidente*
Francisco Christovam - *vice-presidente*
José Antonio Fernandes Martins - *vice-presidente*
Maria Beatriz Setti Braga - *vice-presidente*
Otavio Vieira da Cunha Filho - *vice-presidente*
Plinio Oswaldo Assmann - *vice-presidente*
Regina Rocha de Souza Pinto - *vice-presidente*
Richele Cabral Gonçalves - *vice-presidente*
Vicente Abate - *vice-presidente*

Ogeny Pedro Maia Neto (URBS); Antonio Luiz Mourão Santana (Oficina); Celio Freitas Bouzada (BHTrans); Claudio de Senna Frederico (membro individual); Edson Carlos Brandão (Mercedes-Benz do Brasil Ltda); Francisco Christovam (SPUrbanuss); Marco Antonio Assalve (EMTU/SP); José Antonio Fernandes Martins (Simefre); Joubert Fortes Flores Filho (Metro-rio); Leonardo Ceragioli (Prodata); Marco Tonussi (Tacom); Marcos Bicalho dos Santos (SETRABH); Maria Beatriz Setti Braga (Metra); Otavio Vieira da Cunha Filho (NTU); Pedro Tegon Moro (CPTM); Silvani Alves Pereira (Metrô/SP); Pedro Armante Carneiro Machado (Aeamesp); Plinio Oswaldo Assmann (membro individual); Regina Rocha de Souza Pinto (Fresp); Richele Cabral Gonçalves (Fetranspor); Rodolfo Torres (BNDES); Rogerio Belda (membro individual); Edson Caram (SMT/SP); Vicente Abate (Abifer); Willian Alberto de Aquino Pereira (Sinergia)

Suplentes
(biênio 2018/2019)

Carlos José Barreiro (Emdec); Eduardo Germani (TTC); Giuliano Vincenzo Locanto (STT/Guarulhos); Nazareno Stanislau Affonso (Instituto de Mobilidade Sustentável – Ruaviva); Paulo Cézar Shingai (SPTrans); Patrícia Bittencourt Tavares das Neves (Universidade Federal do Pará); Ricardo Souza Hessel (Trensurb); Rodrigo Fernandes Toledo (Socicam); Sebastião Ricardo C. Martins (CET/SP); Wagner Colombini Martins (Logit)

Conselho Fiscal

Titulares
Carlos Alberto Batinga Chaves (SETPS/BA)
João Carlos Camilo de Souza (SETPESP)
Roberto Renato Scheliga (membro individual)

Suplentes
Alexandre Rocha Resende (membro individual)
Arnaldo Luis Santos Pereira (membro individual)
Paulo Afonso Lopes da Silva (membro individual)

Membro nato (ex-presidente)

Ailton Brasiliense Pires

ANTP/São Paulo
Rua Marconi, 34, 2º andar, conjs. 21 e 22, República, 01047-000, São Paulo, SP
Tel.: (11) 3371.2299
Fax: (11) 3253.8095
E-mail: antpsp@antp.org.br
Site: www.antp.org.br

Equipe ANTP
Luiz Carlos Mantovani Néspoli (Branco) - *superintendente*
Eduardo Alcântara Vasconcellos - *assessor técnico*
Cassia Maria Terence Guimarães - *administração/finanças*

Sistema de Informações da Mobilidade Urbana
Eduardo Alcântara Vasconcellos; Adolfo Mendonça

Escritório Brasília (ANTP/BSB)
Fabio Antinoro
E-mail: adv.antinoro@hotmail.com

Coordenadores Regionais

Regional Centro Oeste (ANTP/CO)
Diretoria Regional
Paulo Souza
E-mail: psouzan@uol.com.br

Espírito Santo (ANTP/ES)
Denise de Moura Cadete Gazzinelli Cruz
Av. Hugo Viola, 1.001, Bl. A, Sala 215, Mata da Praia
29060-420, Vitória, ES,
E-mail: denise@antp.org.br

Minas Gerais (ANTP/MG)
Ricardo Mendanha Ladeira
Rua Januária, 181 - Floresta
31110-060, Belo Horizonte, MG
E-mail: antpmg@antp.org.br

Norte (ANTP/N)
Patrícia Bittencourt Tavares das Neves
Av. Duque de Caxias, 863, apto. 301, Marco
66093-400, Belém, PA
E-mail: pbneves@ufpa.br

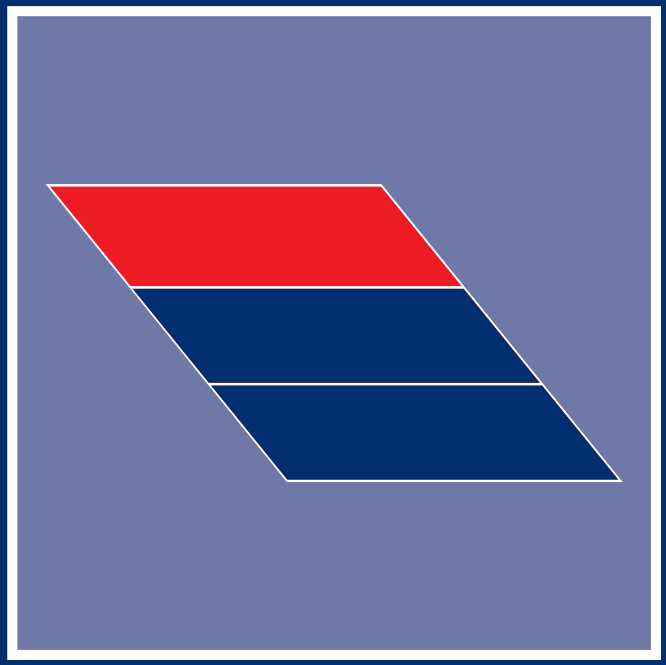
Nordeste (ANTP/NE)
César Cavalcanti de Oliveira
GR/CTM
Cais de Santa Rita, 600 - Santo Antonio
50020-360, Recife, PE
E-mail: cesar.antp@gmail.com

Paraná (ANTP/PR)
Rosangela Maria Battistella
Av Pres. Affonso Camargo, 330
80060-090, Curitiba, PR
E-mail: rbattistella@hotmail.com
rosangela@antp.org.br

Rio de Janeiro (ANTP/RJ)
Willian Alberto de Aquino Pereira
Praia do Flamengo, 278, cj. 52
22210-030, Rio de Janeiro, RJ
E-mail: willian@sinergiaestudos.com.br

Associação Nacional de Transportes Públicos
Biblioteca ANTP
2011

www.antp.org.br



ANTP