

Análise da Equidade Espacial do Transporte Sustentável na Cidade de Curitiba, Paraná, Brasil

Paulo de Almeida Correia Junior^I
Ana Margarida Condeço-Melhorado^{II}
Cristina de Araújo Lima^{III}

Resumo: A acessibilidade tem relação direta com qualidade de vida e sustentabilidade. Medidas de acessibilidade ganham espaço em estudos sobre exclusão social, principalmente nas cidades, já que a maioria da população mundial é urbana. Este estudo concentra-se em Curitiba, onde surgiu uma solução de mobilidade – o Bus Rapid Transit (BRT) implantado desde 1974, mas apresentando rápido crescimento das periferias e matriz modal baseada em transporte não sustentável – sobretudo o automóvel – cujas infraestruturas favorecem grupos de rendas mais altas. Assim, procurou-se investigar como se configura a variação espacial do acesso a oportunidades por meio de transporte público e pedonal aos serviços essenciais, propondo um índice composto de acessibilidade sustentável, a fim de contribuir à análise da equidade na distribuição do acesso às oportunidades e sua relação com características socioeconômicas. O índice composto e os parciais mostram que os valores estão muito aquém do que poderia ser considerado uma distribuição equitativa.

Palavras-chave: Acessibilidade, transporte público, equidade; sustentabilidade; mobilidade

^I Instituto Federal Catarinense, Araquari, Santa Catarina, Brasil.

^{II} Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Espanha.

^{III} Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

São Paulo. Vol. 28, 2025

Enanppas 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc00382vu28L3TD>

Introdução

A acessibilidade está diretamente ligada à equidade social, sendo associada não somente ao acesso físico aos bens e serviços, mas também à qualidade de vida (NORDBAKKE; SCHWANEN, 2015) e à sustentabilidade em seu viés socioeconômico e ambiental. Além do deslocamento, a acessibilidade também diz respeito à qualidade do serviço de transportes, sua distribuição, frequência, conforto, segurança, confiança e também ao preço das tarifas (LUCAS *et al.*, 2016).

De acordo com as Nações Unidas, o pleno exercício dos direitos humanos tem como um de seus componentes o “*direito universal à mobilidade*” e, por este motivo, é urgente abandonar o viés do transporte no planejamento e focar no direito humano de acesso equitativo às oportunidades e no transporte sustentável, isto é, priorizar os meios de transporte públicos coletivos e também os modos ativos (UN HABITAT, 2013). A garantia da igualdade de oportunidades é também citada nos “Objetivos do Desenvolvimento Sustentável” (ONU, 2021a) como parte da meta da redução da desigualdade dentro dos países e entre eles. Além disso, “proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível a todos” é ainda parte da meta de tornar as áreas urbanas humanamente inclusivas e sustentáveis até o ano de 2030 (ONU, 2021b).

Diante do exposto, as medidas de acessibilidade têm ganhado crescente importância em pesquisas sobre exclusão e iniquidade social, uma vez que a mobilidade espacial está diretamente relacionada à mobilidade social (KAUFMANN; BERGMAN, 2004). Segundo Páez, Scott e Morency (2012), os dois principais componentes das medidas de acessibilidade são o custo da viagem, determinado pela distribuição espacial dos viajantes e das oportunidades e a quantidade/qualidade das oportunidades. Estes dois componentes desdobram-se em diversos índices possíveis, dependendo das características e nível de detalhe dos dados.

Geurs e Van Wee (2004) propuseram uma classificação para tais índices, utilizando quatro componentes principais: componente individual - considerando as necessidades, habilidades, e oportunidades dos indivíduos, bem como a percepção dos tempos, distâncias e comportamento de viagem, como por exemplo as escolhas modais; componente de uso do solo - referindo-se às características das origens, dos destinos e da possível competição que possa ser gerada, sendo que a distribuição das residências e das oportunidades (empregos e serviços) está dentro deste componente; Componente dos transportes - considerando os serviços e as infraestruturas – a frequência dos serviços é um exemplo de fator que está no componente dos transportes; e Componente temporal – levando em conta as diferenças de disponibilidade de tempo dos indivíduos e os horários dos serviços e das oportunidades - o horário de funcionamento dos serviços, por exemplo, faz parte da componente do tempo.

A partir dessas componentes, Geurs e Van Wee (2004) colocam quatro categorias para as medidas: “baseadas na pessoa”, que levam em conta características pessoais, como capacidades, orçamento para realizar as viagens, entre outros; “baseadas na infraestrutura”, observando a performance da infraestrutura existente ou simulada, em relação principalmente à velocidade e aos congestionamentos; “baseada na utilidade”, que analisa os

benefícios econômicos do acesso às oportunidades; e “baseada no local”, que considera o cálculo da acessibilidade desde uma perspectiva geográfica, isto é, de um local a outro.

A área escolhida para a aplicação desse estudo é o município de Curitiba, conhecida mundialmente por ter sido a primeira cidade a implantar o – *Bus Rapid Transit* (BRT) – como uma solução inovadora de mobilidade urbana, (UN HABITAT, 2013), além de ser uma típica metrópole latino-americana, com as características de rápido crescimento das periferias e matriz modal baseada no transporte privado e motorizado, com infraestruturas que tendem a favorecer grupos de rendas mais altas que a média (MEJÍA-DUGAND *et al.*, 2013).

Apesar ter uma imagem muito positiva quando o assunto é mobilidade urbana, apontada inclusive em relatório das Nações Unidas como “*uma das mais sustentáveis e mais bem planejadas cidades do mundo*” (UN HABITAT, 2013), não houve no município um número suficiente de inovações que acompanhasse o crescimento da cidade e principalmente falta de foco das políticas públicas nas desigualdades socioeconômicas configuradas nas condições dos espaços periféricos, com menores investimentos em infraestrutura e equipamentos. No entanto, conforme destaca Seco (2016), a boa fama da cidade permanece, apesar dos problemas urbanos enfrentados pela população que está fora dos eixos estruturais que, segundo (SOUZA, 2001) foram uma forma de garantir que os esforços públicos e privados fossem direcionados às áreas centrais já valorizadas e expandir esses espaços valorizados, que ganham valor não só pela configuração do meio, mas também pela intensidade dos investimentos.

Um exemplo a ser considerado é a baixa densidade de calçadas em bairros de periferia, onde o deslocamento é fundamental o deslocamento a pé, devido à baixa renda e impossibilidade de comprar e manter um automóvel. Este tipo de infraestrutura, além de básico para as atividades urbanas, pode também ser caracterizado como um indicador de equidade (BISE *et al.*, 2018) mas que muitas vezes está em situação precária, comprometendo a segurança do pedestre (GUIMARÃES *et al.*, 2019).

Assim como em outras metrópoles brasileiras, em Curitiba também evidenciou-se o aumento dos gastos da população com transporte individual e a consequente diminuição de passageiros no transporte público, consequência das políticas de aumento salarial, de aumento de crédito e de incentivos fiscais para a indústria automobilística (COCCO, 2016). Além desse fato, (PEREIRA *et al.*, 2021) destacam o papel que a inflação teve no orçamento doméstico, que incidiu com mais força sobre o transporte público, o que resultou na migração para outros modos, principalmente o automóvel, terminando por comprometer a sustentabilidade econômica do sistema público de transporte.

Considerando o exposto, a questão da equidade de acesso em metrópoles de países em desenvolvimento constitui um desafio, pois o transporte público é operado por empresas que pouco investem no setor e ainda necessitam de subsídios dos governos para continuarem operando (UN HABITAT, 2013). Além disso, esses sistemas de transporte público ganham características de monopólios, sendo cada linha operada por uma única empresa, que terá preferência por linhas que atendam áreas com maior densidade populacional, o que leva muitas vezes à união, ao encurtamento ou até mesmo à extinção de

determinadas linhas que não proporcionam lucros considerados suficientes pelas empresas (PRIMI; RODRIGUES, 2015).

Essa reflexão acerca da problemática da distribuição equitativa do acesso às oportunidades aplicada à área de estudo conduziu à seguinte questão de investigação: Como se configura a variação espacial da acessibilidade no município de Curitiba, em relação ao acesso a oportunidades de trabalho por meio de transporte público, bem como o acesso de pedestres aos serviços essenciais de educação, saúde e alimentação?

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo analisar a equidade na distribuição espacial do acesso a oportunidades e sua relação com características demográficas e socioeconômicas no município de Curitiba.

Metodologia

Para a elaboração das medidas e índices de acessibilidade foram utilizados como dados a base cartográfica oficial de rede viária e empresas do município de Curitiba e uma camada de dados geoespaciais contendo a rede hexagonal do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (PEREIRA *et al.*, 2022) - com dados socioeconômicos agregados do Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para as medidas sobre o transporte público foram utilizados os dados General Transit Feed Specification (GTFS) - disponibilizados conforme solicitação através do site da prefeitura de Curitiba, bem como os resultados da pesquisa origem-destino de Curitiba de 2017 (CONSÓRCIO MOBILIDADE, 2017).

Medida de Acessibilidade Potencial

O indicador de acessibilidade potencial é um dos mais utilizados na literatura dedicada aos estudos desta natureza, porque tenta representar o comportamento dos agentes econômicos na escolha das oportunidades existentes num território. Assim, este indicador simula que, ante um conjunto de oportunidades, os agentes escolherão aquelas que tenham uma maior importância (pelo seu tamanho, importância, variedade, entre outros fatores) e que estejam mais próximas de sua origem.

Nas medidas de acessibilidade potencial aos destinos com finalidade de trabalho, levando em consideração o fato já bem documentado na literatura sobre a importância do transporte motorizado para o deslocamento residência-trabalho, é importante analisar o uso do transporte motorizado coletivo, pois a maior parte das pessoas não possui um emprego na vizinhança imediata de suas residências, sendo o transporte público um meio essencial para o trabalhador, principalmente de baixa renda (LUCAS; VAN WEE; MAAT, 2016) . As respostas à pesquisa origem-destino de Curitiba também mostram essa tendência, com o destino ao trabalho também sendo o que as pessoas mais gastam tempo no deslocamento, em relação a outros destinos.

A medida de acessibilidade aqui utilizada é do tipo “baseada na gravidade”, que considera o nível de atratividade do destino, representada neste caso pelo número de empresas e considerando o custo da viagem em termos de tempo. Importante salientar que

a localização das sedes das empresas não significa necessariamente um posto de trabalho, pois o cadastro pode ter sido feito num endereço diferente daquele onde os trabalhadores efetivamente exercem seus ofícios, mas é considerada aqui como uma estimativa, que foi comparada com as respostas de destino “trabalho” na pesquisa origem-destino de Curitiba, apresentando uma grande semelhança entre os dados.

Para usar a rede de transporte público na análise, fez-se uso dos dados GTFS, que traz informações sobre todas as linhas de ônibus geridas diretamente pelo município de Curitiba, com dados de rotas, pontos e horários. No próximo passo para a obtenção da medida de acessibilidade potencial foi elaborada uma matriz de custo origem-destino, utilizando-se como origem os pontos centroides da camada de hexágonos do IPEA e como destinos os pontos centroides da camada dos setores censitários do IBGE.

A seguir foi feito o cálculo do potencial de acessibilidade. A forma da equação utilizada foi seguida de acordo com a descrição de (IACONO; KRIZEK; EL-GENEIDY, 2008) sobre o modelo de acessibilidade potencial de (HANSEN, 1959), sendo:

$$A_i = \sum_j O_j f(C_{ij}) \quad (1)$$

Onde: A_i é a acessibilidade potencial da origem; i e j são, respectivamente, os pontos de origem e destino; $\sum_j O_j$ representa a somatória das oportunidades no destino (número de empresas); $f(C_{ij})$, é a função de *distance decay*, obtida a partir da equação (2).

O parâmetro de *distance decay* serve para medir as relações entre os padrões de interação e a distância, considerando todos os outros fatores de interação como constantes (FOTHERINGHAM, 1981), isto é, quanto maior for a distância entre origem e destino, menor é a intenção de realizar uma viagem. O parâmetro β é inversamente proporcional à acessibilidade, quanto maior o valor do parâmetro, menor será a acessibilidade e a distância das viagens (DALVI; MARTIN, 1976). Essa equação tem a forma de uma função exponencial negativa, utilizando-se a relação:

(2)

$$f_{ij} = e^{(-\beta C_{ij})}$$

Onde: β é o parâmetro que representa a magnitude do *distance decay* obtido a partir de regressão linear, utilizando $\ln$ da contagem de viagens com origem na residência e mediana do tempo de viagem; e C_{ij} é a impedância, neste caso, tempo total de viagem de i a j .

Este procedimento foi repetido para cada hora do dia, sendo para isto escolhido como dia padrão uma terça-feira, por não apresentar os fluxos atípicos de fins de semana e dos primeiros e últimos dias úteis da semana – segunda e sexta-feira. O último passo é a junção dessa tabela à camada de grade hexagonal, representando cartograficamente o potencial de acessibilidade para cada uma das origens aos setores censitários ponderados pelo número de empresas.

Medida de oportunidades acumuladas e tempo médio aos três destinos mais próximos

A medida de oportunidades acumuladas, segundo (KOENIG, 1980) é resultante de uma equação que é um caso particular da equação (1), isto é, considerando um tempo de viagem T :

$$\begin{aligned} f(C_{ij}) &= 1, \text{ para } C_{ij} \leq T \\ f(C_{ij}) &= 0, \text{ para } C_{ij} > T \end{aligned} \quad (3)$$

Isto significa que todas as oportunidades dentro de um definido limiar de tempo ou distância possuem nesta medida o mesmo nível de acessibilidade, ao passo que nenhuma oportunidade é considerada fora desse limite. O autor lembra que, na visão do senso comum, quanto maior o número de oportunidades acessíveis, maior a probabilidade de se encontrar aquela que mais bem satisfaça as necessidades e desejos de um indivíduo.

Diante das diversas propostas encontradas na literatura sobre o tema a respeito dos limiares considerados razoáveis para o deslocamento pedonal (CHEN *et al.*, 2011; LEE; GOULIAS, 1997), decidiu-se neste trabalho utilizar como base para os tempos de viagem as respostas à pesquisa de origem e destino do município de Curitiba, uma vez que estes dados são oriundos de deslocamentos reais de uma amostra da população. Para cada tipo de destino analisado, utilizou-se a mediana dos tempos de deslocamento, pois os dados das respostas tender a ser muito discrepantes, evitando-se assim limiares sub ou superestimados, como aconteceria caso fosse utilizada a média, cujo valor é muito influenciado pelos extremos.

Foram utilizados como filtro na tabela dos dados da pesquisa a origem partindo sempre da residência e o meio escolhido foi o pedonal, resultando assim na mediana de tempo de deslocamento de 10 minutos para o destino “escolas públicas” e de 15 minutos para os destinos “saúde” e “compras”.

O limiar de tempo foi obtido considerando-o como função da distância, estimando-se que uma pessoa caminhe 4 km no período de 1 h, utilizando a seguinte equação:

$$T_{(min)} = [D_{(km)} \times 60] / 4 \quad (4)$$

A explicação para que nesta medida tenha sido considerado apenas o acesso pedonal é que este é mais utilizado para deslocamento para as atividades elencadas e também é o que deve ser incentivado por motivos de mobilidade sustentável. Sendo assim, foi aqui utilizada a rede viária e não a rede de transporte público gerada com dados GTFS, pois não foram considerados os horários nem os dias da semana, sendo aqui pressuposto que esses fatores não influenciam a acessibilidade pedonal de forma significativa.

A partir desses parâmetros, obtiveram-se duas categorias de medidas de acessibilidade:

1. Medida de oportunidades acumuladas, a partir da média de tempo de viagem de menor ou igual valor ao limiar estabelecido (10 minutos para destinos relacionados à educação e 15 minutos para destinos relacionados à saúde e às compras de alimentos. Desta medida foram obtidos todos os destinos que estão dentro de um limiar definido pela linha isócrona desde a origem; e

2. Tempo médio aos três destinos mais próximos: neste tipo de medida, a acessibilidade às oportunidades é medida de acordo com a média do tempo que se leva para atingir a pé os três serviços mais próximos. Portanto, nesta medida, a acessibilidade será mais alta quanto menor for o tempo médio.

A partir dessas duas medidas cartografadas foi feita uma sobreposição com a camada de população, obtendo-se os resultados sobre a população atendida e a excluída do limiar e, desta última, o tempo médio para atingir os destinos. Essas medidas de variação espacial da acessibilidade foram posteriormente unidas às medidas de acessibilidade potencial para a obtenção de um índice composto de acessibilidade sustentável, conhecendo-se o percentual de cada um dos três componentes do índice.

Índice composto de acessibilidade sustentável

Uma vez feito o diagnóstico de acessibilidade desde as diferentes perspectivas apresentadas nos índices anteriores, pretende-se agora obter um indicador único da acessibilidade sustentável para o município de Curitiba. Para a elaboração deste índice foram utilizados os modos de transporte considerados como sustentáveis pela UN Habitat (2013), no qual classificam como sustentáveis os meios de transporte não-motorizados e o transporte público. Desta forma, fazem parte deste índice composto os seguintes indi-

cadres: 1. Acessibilidade potencial ao trabalho por transporte público; 2. Oportunidades Acumuladas; 3. Média de tempo aos três destinos mais próximos. Este último indicador compõe-se de três indicadores (finalidade saúde, educação e compras de alimentos), pelo que foi necessário calcular a média aritmética dos três indicadores parciais para obter um indicador global de tempo médio aos serviços essenciais e após este procedimento, obter-se uma função inversa, para que o menor tempo indicasse um melhor acesso.

Os Índices compostos são ferramentas úteis para integrar-se grandes quantidades de dados em formas de comunicação que sejam mais compreensíveis para a avaliação científica e utilizada como ferramenta de políticas públicas e na comparação entre diferentes áreas. Devido ao caráter subjetivo de sua formulação, envolvendo escolha de dados, modelos de agregação e tratamento de lacunas de dados, esses índices devem ser elaborados e analisados com cautela, pois podem mascarar ou contribuir para a manipulação de resultados de acordo com a necessidade de quem os elabora (CHERCHYE *et al.*, 2008).

Sendo assim, é importante que cada passo seja avaliado em relação principalmente à escolha e peso das variáveis. (FREUDENBERG, 2003). A elaboração dos índices compostos acompanha a fórmula geral:

$$I = \sum_{i=1}^n w_i X_i \quad (5)$$

Onde: X_i é a variável normalizada; w_i é o peso do X_i ($0 \leq w_i \leq 1$); e $i = 1, \dots, n$

De acordo com o manual para elaboração de indicadores compostos (OECD, 2008), dez passos devem ser seguidos para a elaboração de um índice composto: 1. Quadro teórico; 2. Seleção de dados; 3. Inclusão de dados em eventuais lacunas; 4. Análise multivariada; 5. Normalização; 6. Ponderação e agregação; 7. Análise de incerteza e robustez; 8. Volta aos dados; 9. *Links* para outros indicadores; 10. Visualização dos resultados.

Os itens de 1 a 4 foram feitos anteriormente durante a elaboração dos procedimentos para a obtenção das medidas de acessibilidade. A partir daqui iniciou-se o procedimento de normalização dos dados. Todos os valores dos índices parciais foram normalizados utilizando o método estatístico MIN-MAX, a partir da fórmula:

$$X_{Norm} = \frac{X - X_{Min}}{X_{Max} - X_{Min}} \quad (6)$$

Onde: X_{Min} = Menor valor da série; X_{Max} = Maior valor da série

Após este passo, os dados normalizados foram agregados por bairro, primeiramente utilizando média simples. No próximo passo foi elaborada a agregação dos dados por

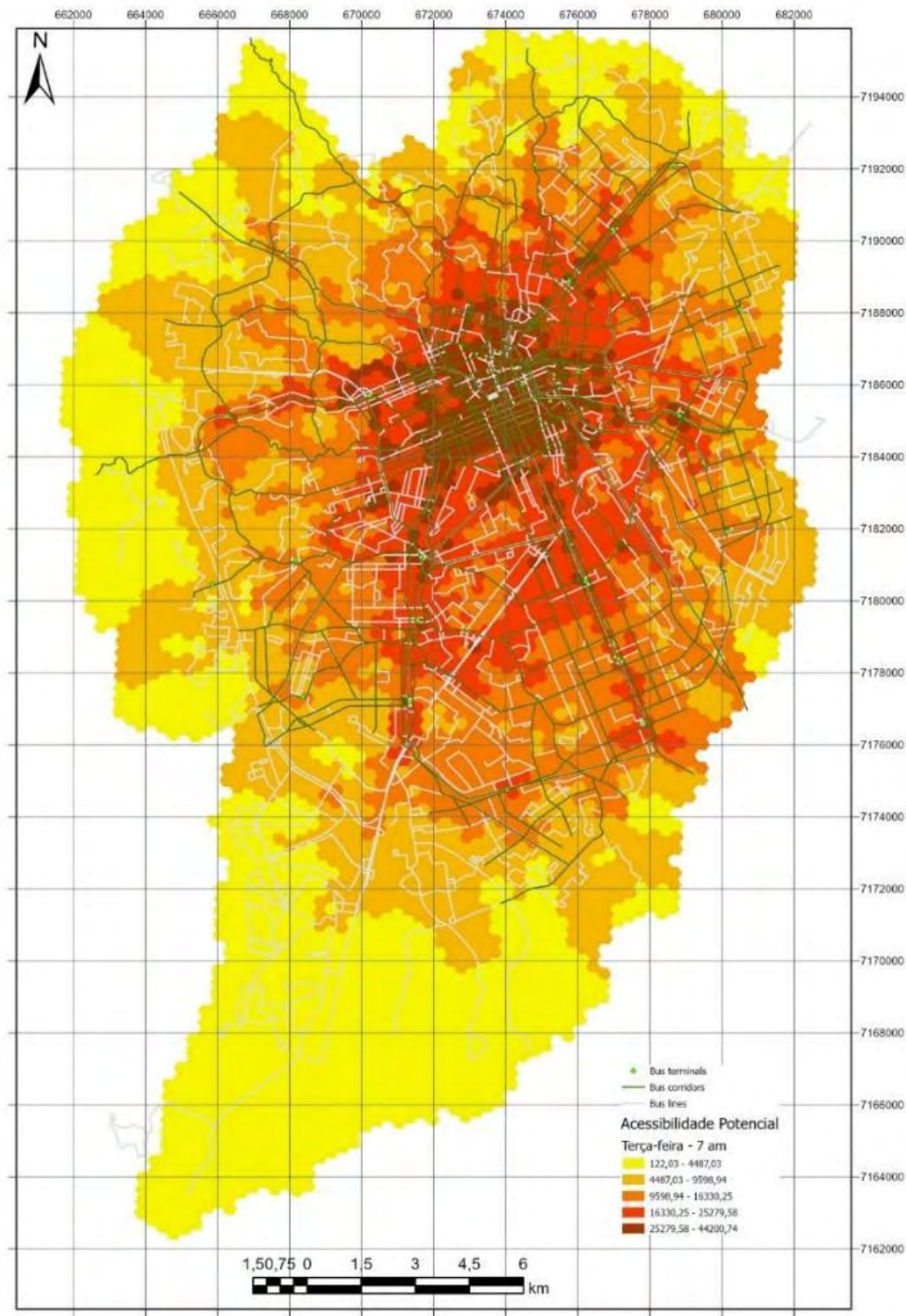
bairro, obtendo-se um índice de acessibilidade composto agregado para cada um dos 75 bairros do município.

Resultados e Discussão

Acessibilidade potencial

Os resultados mostraram que os maiores valores de acessibilidade potencial se localizam no entorno da região central. O único horário em que a periferia tem valores mais próximos aos do centro é às 5h00, quando se iniciam os primeiros serviços do sistema de transporte público. Após este horário, as diferenças entre a região central e a periferia apenas crescem, devido à maior quantidade de oportunidades na região central e do menor tempo que seus moradores levariam para acessá-las. É possível também notar uma característica tentacular dos valores de acessibilidade ao longo das linhas de BRT, pois são as principais vias de transporte público (Figura 1).

Figura 1: Mapa de acessibilidade potencial



Fonte: Os autores, 2022.

Observou-se o máximo valor de acessibilidade potencial no horário das 6h00 (46279,28), com um mínimo de 0,00 no horário da 1h00, quando os dados GTFS não registram horários de partidas de ônibus. Observa-se o maior valor entre as médias às 6h00 (9791,46), seguido do valor de 9692,23 às 7h00, que, de acordo o relatório da pesquisa origem-destino, é o horário de pico da manhã.

A comparação dos valores dos resultados das medidas de acessibilidade potencial com dados demográficos e socioeconômicos foram agrupados de maneira a se obter a soma das populações e posteriormente a parcela percentual de cada uma delas em relação ao quartil das frequências dos valores. Os valores de renda foram representados em reais e os quintis de renda foram agrupados por mediana.

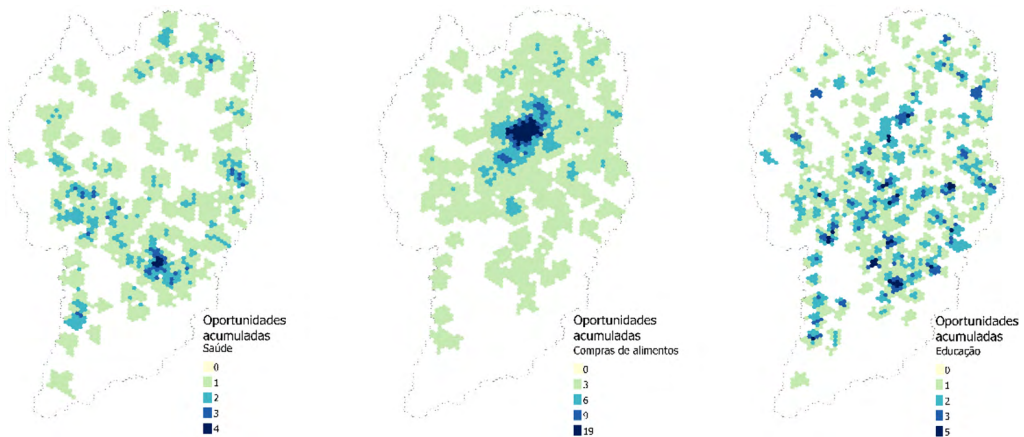
Os resultados da acessibilidade potencial por transporte público em comparação com os dados socioeconômicos mostram que a população referente ao 5º quintil de rendimentos, ou seja, a de maior renda, é a que possui o melhor desempenho, representando apenas 0,03% da população total. De maneira geral, os valores de acessibilidade potencial decrescem à medida que os valores da renda também ficam mais baixos.

A população que teve a maior parcela com o melhor desempenho foi a de origem asiática, com 60,30% no 3º quartil de acessibilidade potencial. A etnia que obteve o pior desempenho foi a indígena, com 11,67%, seguida da negra, com 10,71% da população com o valor mínimo de acessibilidade, representando também o 1º quintil de renda, resultado este esperado, já que representam etnias que historicamente no Brasil apresentam uma evidente exclusão social nos índices sociais e na distribuição espacial nos espaços urbanos.

Oportunidades acumuladas

Para analisar os resultados dessa medida (Figura 2), os hexágonos com os números de oportunidades acumuladas foram agregados somando a população e calculando a média dos rendimentos, com base nos dados agregados por hexágono do IPEA, contendo a população total, a população branca, a população negra, a população indígena e a população amarela, esta representada pelos descendentes de asiáticos. A renda média foi representada por valores em reais (R\$) de 2010. Por fim, a representação dos quintis de renda – 1 (mais pobres), 2, 3, 4, 5 (mais ricos). Com o objetivo de melhor compreender a proporção da população dentro dos limiares de tempo, os dados foram passados para percentuais do total dentro de cada etnia.

Figura 2: Oportunidades acumuladas para serviços de a) Saúde, b) Compras de alimentos e c) Educação



Fonte: Os autores, 2022.

No caso do destino com finalidade “saúde”, obtiveram-se 5 classes de oportunidades acumuladas, incluindo também o zero, onde nenhuma oportunidade é encontrada dentro do limiar de tempo de deslocamento pedonal estabelecido. Observou-se que 40,43% da população localiza-se fora dos 15 minutos de caminhada até um serviço de saúde, sendo essa proporção maior dentro da população asiática (54,66%), fato que pode ser explicado por parte dessa população estar em zona rural ou em bairros de renda média mais altos. Os maiores valores de rendimentos tiveram oportunidades acumuladas entre 0 e 1, o que pode ser explicado em parte pelo fato de o estudo ter sido feito a partir de serviços públicos, com maior distribuição nas áreas mais afastadas do centro e com renda média menor.

Importante salientar que aproximadamente 84% da população total tem até 1 oportunidade acumulada, o que, apesar de ser uma oportunidade, demonstra que não existe escolha para grande parte da população. Tratando-se de serviços de saúde, que demandam especialidades, provavelmente a maioria tem de se deslocar a bairros mais distantes a fim de terem suas necessidades devidamente atendidas. Apesar de os menores rendimentos terem atingido um valor relativamente alto de oportunidades, isto representa somente 2,08% da população.

O destino com finalidade “compra de alimentos”, representado pelos supermercados e feiras livres, apresentou 20 classes, desde nenhuma oportunidade até um máximo de 19 oportunidades acumuladas. Aqui verificou-se que 32,71% da população ficou fora do limiar de 15 minutos de caminhada até o destino, sendo essa proporção maior na população indígena (40,32%), o que pode ser explicado em parte por essa população estar distribuída em áreas de menor densidade populacional, o que pode ser um fator de desinteresse por parte dos empresários na abertura de novos negócios, por conta da dificuldade logística e pouca demanda. Os menores valores de rendimentos verificam-se nas primeiras classes, entre 0 (nenhuma) até 1 oportunidade no limiar de tempo. Esses

valores aumentam relativamente até atingirem um máximo na classe de 16 oportunidades, com a população dos hexágonos apresentando quintil de renda de valor 5 (máximo), o que mostra uma tendência de estabelecimentos de comércio de alimentos próximos a áreas onde a população tenha maior renda média.

Para o destino “educação” foram utilizadas somente as escolas públicas como referência, resultando em 37,86% da população fora do limiar de 10 minutos de deslocamento pedonal tendo como origem a residência. Este limiar de tempo de deslocamento pedonal 5 minutos mais rápido que para os destinos de saúde e compras de alimentos pode em parte ser explicado devido ao fato de estudantes serem em média mais jovens que as pessoas que precisam se deslocar a hospitais, centros de saúde, feiras e supermercados. Além disso, muitas vezes o deslocamento a locais de saúde é feito com uma pessoa de mobilidade reduzida (criança ou idoso) e, por sua vez, a volta dos supermercados e feiras é acrescida do peso das compras, o que diminui a velocidade, principalmente dos mais idosos.

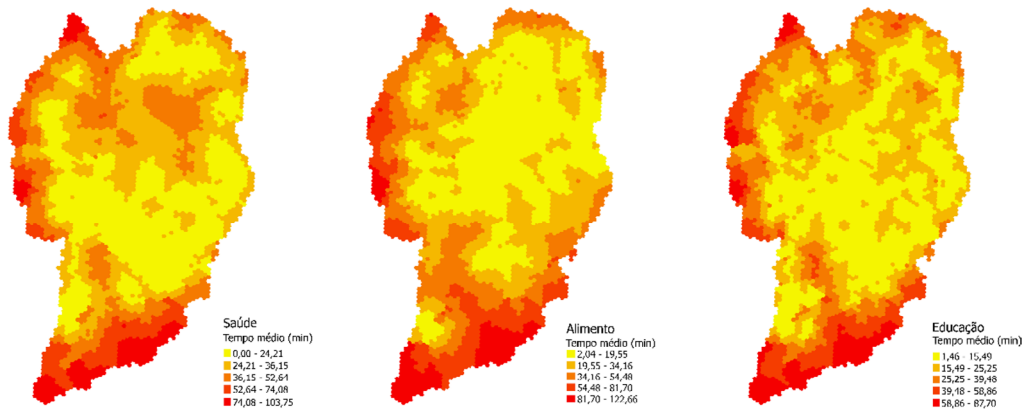
O grupo com maior parcela fora dos limiares foi a população asiática, representando 42,83% dessa população, o que novamente pode ser devido à maior renda média neste grupo, o que permite que morem mais próximos a escolas privadas, em bairros de mais alto padrão. Nos hexágonos com menores valores de rendimentos foi onde se acumulou o maior número de oportunidades – 5 no total - o que pode ser explicado pela distribuição das escolas públicas em bairros periféricos, onde a população não pode pagar mensalidades de escolas privadas e a posse de automóvel é baixa e, além disso, há mais ofertas de terrenos mais baratos para a compra por parte do governo.

A medida de oportunidades acumuladas aliada a dados socioeconômicos permitiu relacionar a exclusão espacial com a exclusão social, levando-se em conta os níveis de renda e também a etnia, que são os dados disponíveis para esse nível de agregação. Provou-se, a partir das medidas, que a maior parte da população, incluindo-se a mais pobre, localiza-se fora do alcance considerado razoável de serviços que atendam às necessidades básicas para uma melhor qualidade de vida.

Média de tempo aos três destinos mais próximos

A média de tempo aos três destinos mais próximos teve seu resultado cartografado em hexágonos para as diversas categorias de serviços, conforme visto na Figura 3:

Figura 3: Média de tempo aos três destinos mais próximos para serviços de a) Saúde, b) Compras de alimentos e c) Educação



Fonte: Os autores, 2022.

Para a elaboração das tabelas com as médias de tempo utilizou-se o agrupamento por quartis das médias de tempo registradas para cada hexágono. Assim, resultaram 5 classes, indo do valor mínimo, passando por 25%, 50% e 75% dos valores, correspondentes, respectivamente, aos 1º, 2º e 3º quartis, terminando com o valor máximo.

A análise do destino com finalidade “saúde” mostrou que o grupo com maior renda se encontra apenas na 3ª colocação, com valor de tempo acima do dobro do grupo primeiro colocado. No entanto, o grupo com o menor rendimento encontra-se no último quartil, apresentando tempo de viagem que supera em mais de 42 minutos o 1º colocado e ainda mais de 24 minutos de tempo médio de viagem a mais que o grupo imediatamente anterior.

Ainda, a maior proporção da população encontra-se dentro do primeiro grupo, com 46,66% do total. A população proporcional que apresenta o melhor resultado de tempo é a negra, com 56,85% dentro do grupo de menor tempo médio de viagem. A população com o pior desempenho para este destino foi a amarela/asiática. O fato de o 3º colocado em rendimento ser proporcional a 46,66% da população e estar na posição de melhor desempenho pode ser indício de uma distribuição mais equitativa dos serviços de saúde pública no município, localizando os equipamentos públicos em bairros onde a população é mais carente desse serviço.

Para o destino com finalidade “compras de alimentos” observou-se que o menor tempo aos destinos mais próximos foi obtido pela parcela com a maior renda média, correspondendo ao 3º quintil de rendimentos, o que significa que essas pessoas possuem rendimento mensal acima da mediana dos rendimentos da população do município. Em contrapartida, os piores resultados foram verificados na parcela da população com a

renda mais baixa, correspondente ao 1º quintil de rendimentos. Por sua vez, a população denominada como “amarela” pelo IBGE teve o melhor desempenho, com 60,71% de sua população dentro da categoria de menor valor de média de tempo. O grupo com a maior parcela dentro do grupo de pior desempenho foi a negra, com 3,86% dessa população.

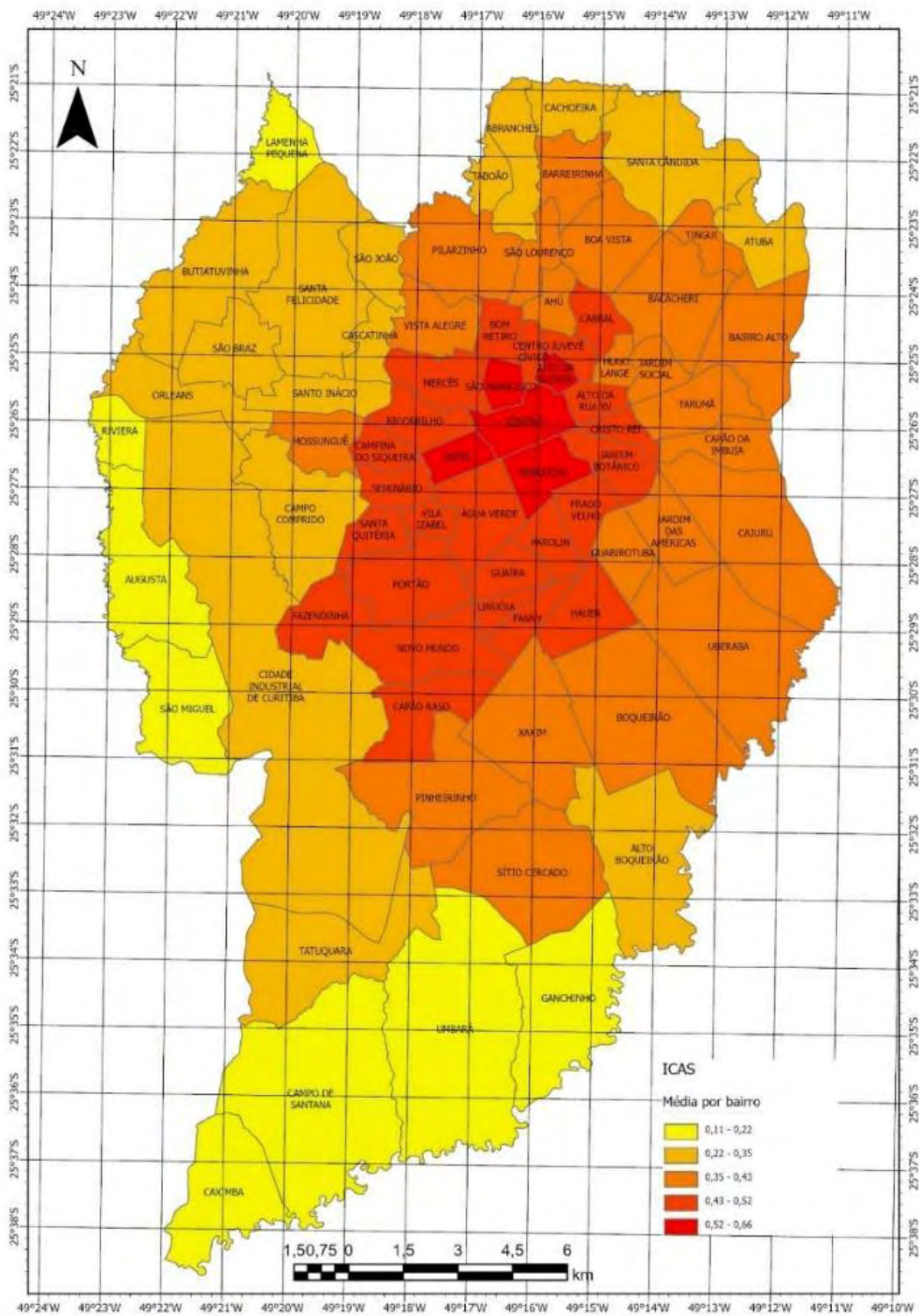
Para a finalidade “educação” observou-se que o melhor desempenho não foi obtido pela parcela da população com maiores rendas, estando neste quesito apenas na 3ª colocação. Este fenômeno pode ser explicado em parte pela grande parcela da população de estudantes que ainda não possuem um rendimento e aqueles que já o possuem devem gastar mais tempo no transporte. O pior desempenho foi observado na população com a menor renda, representando um tempo de deslocamento superior a 4 vezes o do melhor desempenho.

A média de tempo aos destinos, por não apresentar um limiar de tempo rígido como é o caso das oportunidades acumuladas, apresentou melhores índices em relação à distribuição equitativa das oportunidades, o que mostra, além de outros fatores, o fator limitante da escolha de um limiar para a elaboração de um índice. Apesar disso, os números estão muito aquém do que poderia ser considerado uma distribuição equitativa.

Índice composto de acessibilidade sustentável

Os resultados normalizados das medidas de acessibilidade apresentados anteriormente foram agregados por bairro, resultando no índice composto de acessibilidade sustentável, conforme figura 4:

Figura 4: ICAS agregado por bairros



Fonte: Os autores, 2022.

Analisando-se o índice composto pelos resultados desagregados dos índices parciais, verifica-se que os bairros da região central possuem os melhores resultados, com o Centro na primeira posição, ao passo que os bairros nas 10 piores colocações se encontram todos na periferia da cidade, fazendo limite com outros municípios (Fig. 6 e 7). Parte deste fenômeno pode ser explicada pelo efeito de fronteira, que poderia ser minimizado utilizando-se dados dos municípios vizinhos. No entanto, estes não tinham dados como GTFS e localização de empresas disponíveis. Apesar dessa limitação do método, os resultados estão de acordo com a correlação positiva entre acessibilidade e renda média dos bairros.

Em relação aos índices parciais, o índice de acessibilidade potencial com destino ao trabalho teve como representantes dos melhores resultados os bairros da região central, sendo o Centro novamente o que obteve o melhor desempenho. Do lado oposto, os bairros com resultados mais baixos de acessibilidade potencial foram os da periferia, principalmente aqueles que estão junto às bordas do município. Este efeito já era esperado, pois conforme foi indicado no item sobre método da elaboração da medida de acessibilidade potencial, há que ser considerado o efeito de fronteira. Além desse fato, observa-se nessas áreas de periferia uma menor concentração de empresas e uma menor densidade de linhas de transporte público. Como a medida de acessibilidade potencial é feita levando em conta o transporte público e ponderada pelo número de empresas, os valores dos resultados nos bairros de periferia tiveram desempenho baixo, conforme esperado.

Os bairros com melhores índices de oportunidades acumuladas também se localizam na região central, com o Centro na primeira posição. Nas piores posições do índice estão os bairros mais próximos da periferia. Importante salientar que os índices de oportunidades acumuladas não foram até 1, devido à média feita entre os 3 destinos escolhidos – saúde, educação e compras de alimentos. Estas diferenças de desempenho no índice de oportunidades podem ser explicadas em parte pela densidade populacional decrescente em direção à periferia, o que leva os serviços a serem menos representativos no espaço, principalmente no que diz respeito ao destino “compras de alimentos”, pois estes, sendo empresas privadas, beneficiam-se da economia de aglomeração.

O índice parcial de média de tempo aos três destinos mais próximos foi o único que não teve o Centro como o bairro de melhor desempenho, apresentando pela primeira vez um bairro da periferia entre os 10 mais bem colocados. Isto explica-se em parte porque as escolas públicas e unidades do serviço público de saúde têm uma distribuição pouco mais afastada do centro, inclusive em bairros com menores valores de renda média per capita. Todavia, os 10 piores desempenhos neste índice foram em bairros de periferia, limites de município, onde as densidades populacionais e de serviços são mais baixas.

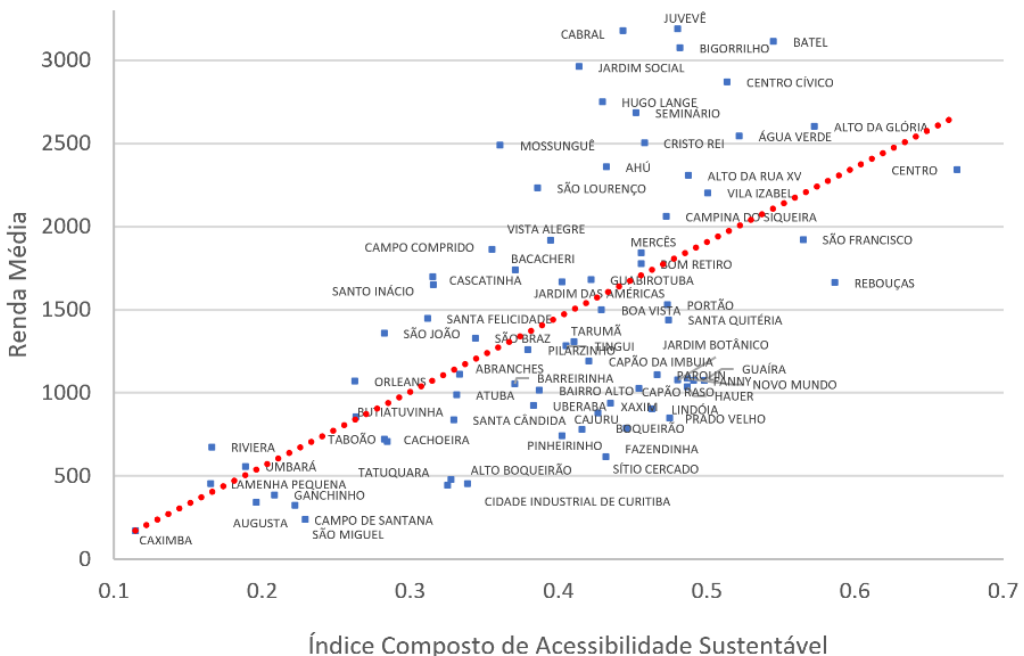
Ao analisar os índices com valores predominantes em cada bairro, verifica-se que o índice parcial de acessibilidade potencial predomina somente no Centro, provavelmente por conta da quantidade de linhas de transporte público e também da maior quantidade de empresas. Em todos os outros bairros, o índice de média de tempo aos 3 destinos mais próximos predominou. O índice de oportunidades acumuladas não obteve o maior resultado em nenhum bairro, o que se explica parcialmente pelo baixo valor da média em

relação aos outros índices.

Conforme observa-se no gráfico de dispersão dos dados agregados por bairros (Figura 5), há uma correlação positiva entre a acessibilidade e a renda, o que permite considerar que os benefícios do acesso no município de Curitiba não é equitativo e não beneficia a parte da população que mais necessita da mobilidade sustentável, justamente por não terem poder aquisitivo suficiente para aquisição e manutenção de veículos motorizados.

Em relação à distribuição da acessibilidade, o coeficiente de Gini para o ICAS foi de 0,46, apresentando um resultado melhor que de seus índices intermediários, como o de Acessibilidade Potencial (Gini = 0,52), Oportunidades Acumuladas (Gini = 0,48) e Média de Tempo aos Três Destinos Mais Próximos (Gini = 0,48). Apesar de serem considerados valores que indicam grande desigualdade na distribuição da acessibilidade, o índice composto apresentou melhora nesses valores, pois agregou mais possibilidades às áreas estudadas, pois bairros com relativa má distribuição de serviço de transporte coletivo pode ter o valor compensado por uma boa acessibilidade a determinados serviços pelo modo pedonal.

Figura. 5: Gráfico de dispersão Renda Média x ICAS
Índice Composto de Acessibilidade Sustentável X Renda Média
(Por Bairro)



Fonte: Os autores, 2022.

Conclusões

Conforme o mundo torna-se cada vez mais urbano, melhorar a qualidade de vida significa, em grande parte, voltar os esforços à cidade. O fluxo pendular diário sofre diversas influências, desde os impedimentos inerentes ao próprio indivíduo até a infraestrutura, passando pela qualidade do serviço de transporte e pelo uso do solo. É nesses aspectos que se torna cada vez mais relevante o estudo da acessibilidade, pois o acesso às diversas oportunidades é condicionante do nível de equidade e, consequentemente, da mobilidade social.

A utilização de diversos tipos de dados, desde inquéritos até dados abertos, como o GTFS, foi de grande importância na formação de um quadro metodológico para captar-se características diversas no estudo da acessibilidade da área de estudo, tanto pelo modo pedonal quanto por meio do transporte público e o conhecimento desses dados pode indicar direções das áreas da cidade que mais necessitam de determinados tipos de serviços.

A pesquisa origem-destino feita pelo município de Curitiba, que é baseada no indivíduo, considerando suas respostas em relação a deslocamentos reais, mostrou-se de extrema importância, ao fornecer dados de deslocamentos realizados, que funcionaram como parâmetros a auxiliar na validação para outros tipos de medida, como de acessibilidade potencial e de oportunidades acumuladas. Além disso, os próprios dados da pesquisa fornecem informações socioeconômicas e demográficas que podem ser relacionadas para análise de equidade.

Por outro lado, a medida de acessibilidade potencial, baseada no local, mostrou-se como um bom complemento à pesquisa origem-destino, pois enquanto esta última analisa somente as viagens que foram possíveis, excluindo as que não foram feitas devido a algum impedimento, a de acessibilidade potencial mostra o nível de acessibilidade para toda a área de estudo – e, consequentemente, toda a população – tudo isso ponderado pela atratividade das áreas de destino, neste caso, o número de empresas, acessadas por meio de transporte público.

A medida de oportunidades acumuladas tem em si já inerente uma análise de equidade espacial, apesar da limitação dos limiares escolhidos, que dão um caráter de “tudo-ou-nada” à medida, excluindo imediatamente todos os indivíduos fora dele e considerando todos os indivíduos dentro como iguais. No entanto, esta medida feita com base no deslocamento pedonal mostrou resultados espacialmente mais diversos que as outras com maiores valores na região central, mostrando uma variedade maior de acesso aos serviços para a população que está mais próxima às bordas da cidade, o que traz um campo de análises muito importante, já que o espalhamento urbano é uma realidade principalmente nas metrópoles latino-americanas.

Por fim, o Índice Composto de Acessibilidade Sustentável (ICAS), elaborado a partir dos dados normalizados das medidas de acessibilidade potencial, oportunidades acumuladas e tempo médio aos três destinos mais próximos, mostraram uma disparidade de equidade espacial entre os bairros da região central e da periferia, mostrando, a partir de sua desagregação, quais índices eram mais importantes dentro de cada bairro. Esse tipo de resultado aponta possibilidades de aumento da sustentabilidade socioambiental urbana.

Em pesquisas futuras, pretende-se agregar dados dos municípios vizinhos, a fim de mitigar o efeito de fronteira nos mapas, assumindo o caráter metropolitano de Curitiba e sua região de entorno e, para o índice composto de acessibilidade sustentável, agregar dados sobre acessibilidade aos pontos de transporte público, ponderando pela frequência do serviço, incluindo também dados de outros modos ativos, principalmente a bicicleta.

Referências

- BISE, R. D.; RODGERS, J. C.; MAGUIGAN, M. A.; BEAULIEU, B.; KEITH, W.; MAGUIGAN, C. L.; Meng, Q. Sidewalks as measures of infrastructure inequities. **Southeastern Geographer**, [s. l.], v. 58, n. 1, p. 39–57, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85045341052&doi=10.1353%2Fsgo.2018.0004&partnerID=40&md5=85fdfb0549a4f0f72b609e89f6569dea>. Acesso em 20 set. 2020.
- CHEN, Yali; RAVULAPARTHY, Srinath; DEUTSCH, Kathleen; DALAL, Pamela; YOON, Seo Youn; LEI, Ting; GOULIAS, Konstadinos G.; PENDYALA, Ram M.; BHAT, Chandra R.; HU, Hsi Hwa. Development of indicators of opportunity-based accessibility. **Transportation Research Record**, [s. l.], n. 2255, p. 58–68, 2011.
- COCCO, Rodrigo Giralaldi. **Transporte Público e Mobilidade Urbana : Contradições entre Políticas Públicas e Demandas por Mobilidade na Região Metropolitana de Florianópolis-SC**. 2016. - UFSC, 2016.
- DALVI, M. Q.; MARTIN, K. M. The measurement of accessibility: Some preliminary results. **Transportation**, Institute for Transport Studies, University of Leeds, United Kingdom, v. 5, n. 1, p. 17–42, 1976. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0016928491&doi=10.1007%2FBF00165245&partnerID=40&md5=964dd0929c9775a5ec3bef9aa42f90ca>. Acesso em 21 set. 2020.
- FOTHERINGHAM, A. S. Spatial Structure and Distance-Decay Parameters. **Association of American Geographers**, [s. l.], v. 71, n. 3, p. 425–436, 1981.
- GEURS, Karst T.; VAN WEE, Bert. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], 2004.
- GUIMARÃES, Thiago; LUCAS, Karen; TIMMS, Paul. Understanding how low-income communities gain access to healthcare services: A qualitative study in São Paulo, Brazil. **Journal of Transport & Health**, [s. l.], v. 15, n. March, p. 100658, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100658>. Acesso em 2 out. 2022.
- HANSEN, W. G. How Accessibility Shapes Land Use. **Journal of the American Planning Association**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 73–76, 1959. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84918812680&doi=10.1080%2F01944365908978307&partnerID=40&md5=b33d5b0933d9e7901c8e0bcf0e651368>. Acesso em 4 set. 2020.

IACONO, Michael; KRIZEK, Kevin; EL-GENEIDY, Ahmed. **Access to Destinations - How Close is Close Enough? Estimating Accurate Distance Decay Functions for Multiple Modes and Different Purposes**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: <https://www.lrrb.org/pdf/200811.pdf>. Acesso em 2 set. 2020.

KOENIG, J. G. Indicators of urban accessibility: Theory and application. **Transportation**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 145–172, 1980.

LEE, Ming-Sheng; GOULIAS, Konstadinos. Accessibility indicators for transportation planning using GIS. **Transportation Research Part A**, [s. l.], v. 13, n. December 1996, p. 91–109, 1997.

LUCAS, K.; VAN WEE, B.; MAAT, K. A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. **Transportation**, Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, United Kingdom, v. 43, n. 3, p. 473–490, 2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84923924615&doi=10.1007%2Fs11116-015-9585-2&partnerID=40&md5=fa8a539db25deca3e31c751bd912dd99>. Acesso em 20 set. 2020.

MEJÍA-DUGAND, Santiago et al. Lessons from the spread of Bus Rapid Transit in Latin America. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 50, p. 82–90, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.028>. Acesso em 20 set. 2020.

MOBILIDADE, Consórcio. **Consolidação de dados de oferta, demanda, sistema viário e zoneamento relatório 5 - pesquisa origem-destino domiciliar**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <http://www.albayan.ac>.

NORDBAKKE, Susanne; SCHWANEN, Tim. Transport, unmet activity needs and wellbeing in later life: exploring the links. **Transportation**, [s. l.], v. 42, n. 6, p. 1129–1151, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11116-014-9558-x>. Acesso em 3 jan. 2021.

ONU. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável: 10. Redução das desigualdades**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/10>. Acesso em: 3 out. 2021a.

ONU. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável: 11. Cidades e comunidades sustentáveis**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 3 out. 2021b.

PÁEZ, A.; SCOTT, D. M.; MORENCY, C. Measuring accessibility: Positive and normative implementations of various accessibility indicators. **Journal of Transport Geography**, School of Geography and Earth Sciences, McMaster University, 1280 Main Street West, Hamilton, ON, L8S 4K1, Canada, v. 25, p. 141–153, 2012. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84867641709&doi=10.1016%2Fj.jtrangeo.2012.03.016&partnerID=40&md5=c9cd0a379b48b0455aa81654fc2439>. Acesso em 20 fev. 2020.

PEREIRA, Rafael H. M. et al. Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual. **Texto para Discussão**, Rio de Janeiro: [s. n.], 2021. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>. Acesso em 20 set. 2022.

PRIMI, Lilian; RODRIGUES, Fania. Os barões do asfalto. **Caros Amigos**, São Paulo, 2015.

SOUZA, Nelson Rosário de. Planejamento urbano em Curitiba: saber técnico, classificação dos cidadãos e partilha da cidade. **Revista de Sociologia e Política**, [s. l.], n. 16, p. 107–122, 2001.

UN HABITAT. **Planning and design for sustainable urban mobility**. New York, 2013.

Paulo de Almeida Correia Junior

Submetido em: 13/03/2024

✉ paulo.correia@ifc.edu.br

Aceito em: 28/11/2024

2025;28:e00038

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0301-9570>

Ana Margarida Condeço-Melhorado

✉ acondeco@ucm.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7260-3260>

Cristina de Araújo Lima

✉ cristinadearaujolima@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9532-2456>

Análisis de la Equidad Espacial del Transporte Sostenible en la Ciudad de Curitiba, Paraná, Brasil

Paulo de Almeida Correia Junior
Ana Margarida Condeço-Melhorado
Cristina de Araújo Lima

Resumen: La equidad en la distribución de la accesibilidad está relacionada con la calidad de vida y la sostenibilidad, por lo que medidas de accesibilidad ganan terreno en los estudios sobre exclusión social, especialmente en las ciudades, ya que la mayor parte de la población mundial es urbana. Este estudio se centra en Curitiba, donde ha surgido el BRT, que ha presentado un rápido crecimiento en periferias y una matriz modal basada en transporte insostenible – especialmente el automóvil - cuya infraestructura favorece a grupos de mayores ingresos. Así, se intentó investigar cómo se configura la variación espacial del acceso a las oportunidades a través del transporte público y peatonal, proponiendo un índice compuesto de accesibilidad sostenible, contribuir al análisis de equidad en la distribución del acceso y su relación con las características socioeconómicas. Los índices muestran que los valores están muy por debajo de lo que podría considerarse una distribución equitativa.

Palabras-clave: Accesibilidad; transporte público; equidad; sostenibilidad; Movilidad

São Paulo. Vol. 28, 2025

Enanppas 2023

Analysis of the Spatial Equity of Sustainable Transport in the City of Curitiba, Paraná, Brazil

Paulo de Almeida Correia Junior
Ana Margarida Condeço-Melhorado
Cristina de Araújo Lima

Abstract: Equity in distribution of accessibility is directly related to quality of life and sustainability. Accessibility measures gain ground in studies on social exclusion, especially in cities, since most of the world's population is urban. This study focuses on Curitiba, where a mobility solution has emerged - the BRT - implemented since 1974, but which presents rapid growth in the peripheries and a modal matrix based on unsustainable transport - mainly the automobile - whose infrastructure favors higher income groups. Thus, an attempt was made to investigate how the spatial variation of access to opportunities through public and pedestrian transport to essential services is configured, proposing a composite index of sustainable accessibility, in order to contribute to the analysis of equity in the distribution of access to opportunities and its relationship with socioeconomic characteristics. The composite and partial indexes show that the values are far below what could be considered an equitable distribution.

Keywords: Accessibility, public transportation; equity; environmental; sustainability; mobility

São Paulo. Vol. 28, 2025
Enanppas 2023